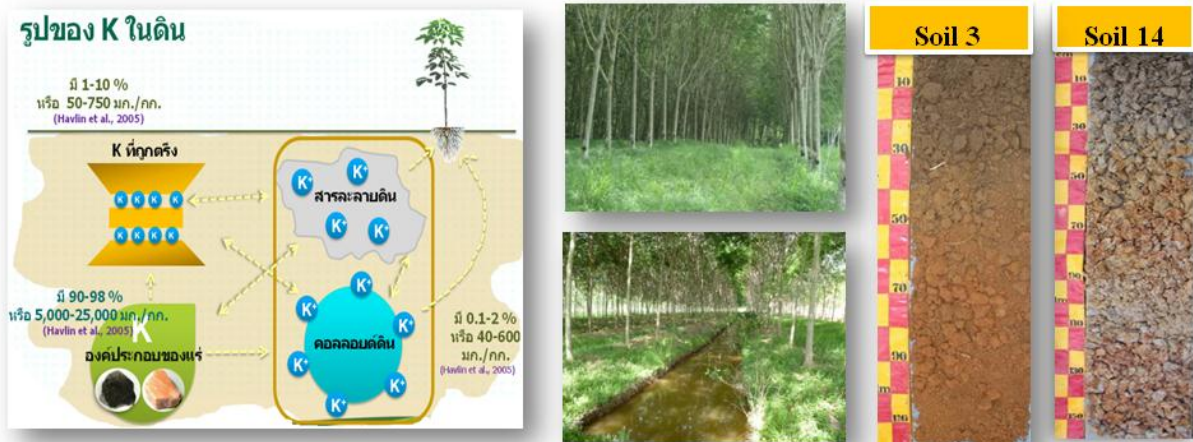


# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

## เรื่อง

### สถานะโพแทสเซียมและสมบัติของดินนาร้างและดินดอนที่ใช้ปลูกยางพารา

Potassium Status and Properties of Rubber Growing Soils in Abandoned Paddy Field and Upland Areas



รองศาสตราจารย์ ดร. จำเป็น อ่อนทอง

อาจารย์ ดร. จุฑามาศ แก้วมโน

นาย จักรกฤษณ์ พูนภักดี

ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา

พ.ศ. 2556

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

สถานะของโพแทสเซียมและสมบัติของดินนาร้างและดินดอนที่ใช้ปลูกยางพารา

Potassium Status and Properties of Rubber Growing Soils in Abandoned Paddy Field and Upland Areas

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. จำเป็น อ่อนทอง

อาจารย์ ดร. จุฑามาศ แก้วมโน

นายจักรกฤษณ์ พูนภักดิ์

ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

ได้รับทุนสนับสนุนจากงบเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2554-2555

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ii
สารบัญตาราง	viii
สารบัญรูป	xi
1. บทนำ	1
2. ตรวจสอบเอกสาร	4
3. สัณฐานวิทยาสนาม สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินปลูกยางพารา ในพื้นที่นาร้างและที่ดอน	20
4. สถานะธาตุอาหารกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพารา ที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอน	63
5. สถานะโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม และความสัมพันธ์กับธาตุอาหารไนโตรเจนและไน้ยางพารา	100
6. สรุปและข้อเสนอแนะ	140
7. เอกสารอ้างอิง	145

## สถานะของโพแทสเซียมและสมบัติของดินนาไร่และดินดอนที่ใช้ปลูกยางพารา

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการปลูกยางพาราในที่ลุ่มมากขึ้น โดยทั่วไปในที่ลุ่มเป็นดินเนื้อละเอียด มีระดับโพแทสเซียมสูงกว่าดินเนื้อหยาบ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ 1) เพื่อศึกษาสมบัติและความเหมาะสมของดินในที่ดอนและที่ลุ่ม 2) เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต ธาตุอาหารไนโบ และองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง และ 3) เพื่อศึกษารูปของโพแทสเซียมในดิน สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียมในดิน และความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในดินกับไนโบและน้ำยาง โดยประกอบด้วย 3 การทดลอง ดังนี้

**สัณฐานวิทยาสนาม สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินปลูกยางพาราในพื้นที่ดอนและที่ลุ่ม** ทำการศึกษาสภาพพื้นที่ สัณฐานวิทยา สมบัติกายภาพและเคมีของดินและประเมินความเหมาะสมของดินในสภาพที่ดอนและที่ลุ่ม (พื้นที่นาไร่) โดยขุดดินและนำมาวางเรียงต่อเนื่องกันตามระดับความลึกของหน้าตัดดิน เพื่อทำคำอธิบายหน้าตัดดิน และเก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดิน สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน ผลการศึกษา พบว่า ดินปลูกยางพาราในพื้นที่ดอนส่วนใหญ่มีสภาพภูมิประเทศที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชันในระบบของที่ลาดเชิงเขาและตะพักลำน้ำ มีวัตถุต้นกำเนิดดินแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ มีระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 1 เมตรจากผิวหน้าดิน ลักษณะดินเป็นดินลึก มีพัฒนาการสูง ดินมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลปนเหลืองหรือส้มปนเหลือง ไม่พบจุดประในหน้าตัดดิน ส่วนดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มมีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบหรือเกือบราบอยู่ในระบบของตะพักลำน้ำชั้นต่ำ วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา ระดับน้ำใต้ดินในบริเวณที่ลุ่มได้ผลดีพบที่ระดับตื้นกว่าบริเวณที่ลุ่มได้ผลไม่ดี สีดินในที่ลุ่มมีสีอ่อนกว่าดินที่ดอน มีจุดประในหน้าตัดดินเนื่องจากการระบายน้ำเร็ว มีน้ำแช่ขังในดินในช่วงหนึ่งของปี

ดินในที่ดินดอนมีเนื้อหยาบกว่าดินในบริเวณที่ลุ่ม มีความหนาแน่นรวมสูงกว่า และสภาพน้ำเร็วกว่าดินที่ลุ่ม ทั้งดินในที่ดอนและที่ลุ่มมีสภาพเป็นกรด มีอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอิ่มตัวเบส ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ และดินที่ดอนส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในระดับเหมาะสมดี มีข้อจำกัดเพียงความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ส่วนดินที่ลุ่มมีสภาพไม่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา มีข้อจำกัดรุนแรงเรื่องการมีน้ำแช่ขังบนผิวดิน ร่องลงมา คือ ดินมีสภาพการระบายน้ำเร็ว แต่เมื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวทำให้ดินในที่ลุ่มมีความเหมาะสมในระดับดีถึงดีมาก

**สถานะธาตุอาหารกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและที่ลุ่ม** วัตถุประสงค์การเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพารา (RRIM 600) ที่ปลูกในที่ดอนและที่ลุ่ม (นาร้าง) จากแปลงปลูกยางพาราในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี รวมทั้งเก็บดินไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการ เก็บใบยางพาราไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร และเก็บน้ำยางไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี พบว่า ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มได้ผลดี มีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตใกล้เคียงกับในที่ดอน และสูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี โดยพบรากยางพาราในที่ดอนกระจายในระดับที่ลึกกว่าในที่ลุ่มซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 0-15 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออลในน้ำยางจากแปลงที่ดอนและที่ลุ่มพบว่า มีค่าใกล้เคียงกันมาก ในขณะที่โพแทสเซียมและแมกนีเซียมในน้ำยางในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดี มีแนวโน้มสูงกว่าที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักไนโตรเจนในแปลงในที่ดอนมีแนวโน้มว่าสูงกว่าในที่ลุ่ม ในขณะที่แมงกานีสในแปลงที่ลุ่มมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงที่ดอน

**สถานะโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มและความสัมพันธ์กับธาตุอาหารไนโตรเจนและน้ำยางพารา** ศึกษาสถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราจากสวนยางพาราทั้งระยะก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด ที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มในจังหวัดสงขลา โดยเก็บดินมาวิเคราะห์รูปของโพแทสเซียมในดิน และหาความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา ตลอดจนศึกษาสัมประสิทธิ์บีฟเฟออร์ของโพแทสเซียมในกลุ่มดินเนื้อหยาบ เนื้อปานกลาง และเนื้อละเอียด พบว่า ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน และจัดว่าต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (40-60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) แต่มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมทั้งหมดในดินต่ำกว่าในที่ลุ่มมาก โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนมีแนวโน้มต่ำกว่าในที่ลุ่ม และต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (13.6-16.5 กรัม/กิโลกรัม) ทั้งในที่ดอนและที่ลุ่ม โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินกับโพแทสเซียมในใบ และโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา ดังนั้น การวิเคราะห์โพแทสเซียมในน้ำยางจึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสถานะโพแทสเซียมในยางพาราได้ ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์บีฟเฟออร์ของโพแทสเซียมในดิน ( $BC_K$ ) พบว่า กลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเฉลี่ย  $BC_K$  สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อละเอียด แสดงว่า ดินเนื้อหยาบมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมต่ำ

กล่าวโดยสรุป ดินปลูกยางพาราในสภาพที่ดอนและที่ลุ่มโดยทั่วไปดินมีสภาพเป็นกรด และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในที่ลุ่มเป็นดินลึก และมีเนื้อดินละเอียดกว่าในที่ดอน ส่งผลให้ดินในที่ลุ่มมีระบายน้ำเร็ว และมีสภาพการนำน้ำต่ำ ในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี พบจุดประที่เกิตจากน้ำขังปริมาณมากในระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร หากแก้ไขข้อจำกัดเรื่องน้ำขังและการระบายน้ำทำให้ดินในที่ลุ่มมีความเหมาะสมดีสำหรับปลูกยางพาราเช่นเดียวกับที่ดอน ธาตุอาหารหลัก

และอินทรีย์วัตถุในดินในที่ลุ่มและที่ดอนมีค่าใกล้เคียงกันและจัดอยู่ในระดับต่ำ แต่มีแมงกานีสสูง ในขณะที่ดินที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองสูงกว่าที่ดอน ดังนั้น หากจำเป็นต้องปลูกยางพาราในที่ลุ่ม ควรแก้ปัญหาน้ำขังและการระบายน้ำ รวมทั้งต้องใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักอย่างเพียงพอร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ เพราะปุ๋ยอินทรีย์จะทำให้ดินร่วนซุย ระบายน้ำได้ดีขึ้น ลดการดูดแมงกานีส และช่วยให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากแหล่งสำรองในดิน

## **Potassium Status and properties of Rubber Growing Soils in Abandoned Paddy Field and Upland Areas**

### **Abstract**

Currently, rubber cultivation has been expanded extensively into lowland areas, especially in abandoned paddy field. In general, lowland soil is a fine textured soil which has a higher potassium content than coarse textured soils. The objectives of this study were to 1) investigate properties and suitability of upland and lowland rubber growing soils 2) compare growth, yield, leaf nutrient and biochemical component of rubber latex and 3) determine forms of soil K, buffer coefficient of K in soil and correlation between soil K and leaf and latex K. It consisted of three experiments as follow:

**Field morphology, physical and chemical properties of upland and lowland rubber growing soils.** Study method included field investigation and soil profile description by digging the soils with a hand auger and collecting soil samples from their genetic horizons and laboratory analysis on their physical and chemical properties to evaluate their properties and their suitability. Results showed that most of upland growing soils occurred in undulating and rolling terrains on hills lope and river terrace. Difference of soil parent materials was associated with their position on topography. Water table depth was deeper than 1 meter from soil surface. The soils were deep and highly developed soils. The soil color was brown to yellowish brown or yellowish orange without mottling throughout the soil profiles. Lowland rubber growing soils occurred in flat or nearly flat terrains on low terrace and formed on alluvium. The depth of water table in the good productive lowland plot was deeper than the poor productive lowland plot. Soil color of lowland soils was paler than the upland soil and had mottling due to poor drainage and a long period of water saturation.

Upland soils had coarser texture, higher bulk density and faster saturated hydraulic conductivity compared to the lowland soils. Both soils were acidic and low in organic matter, total N, available P and K, cation exchange capacity and base saturation. Most of upland soils were suitable for rubber cultivation with only soil fertility limitation, while none of the lowland soils were suitable because of severe water logging and impeded drainage of soil. However, these soils can become well or very well suited soil for rubber production in case of eliminating of limitations.

**Nutrient status and growth and yield of rubber cultivation in upland and lowland areas.** Girth and yield of rubber tree (RRIM 600) grown in upland and lowland areas were recorded. Soil was collected for physical and chemical analysis. Leaf was sampled for nutrient determination and rubber latex was also collected for biochemical component and nutrient analysis. It was found that rubber tree grown in good productive lowland area gave similar growth and yield to that in upland area and both better than that in the poor productive lowland areas. Roots of rubber grown in the upland area were concentrated deeper than that in the lowland which were predominant at 0-15 cm depth. The result of sucrose, inorganic P and thiol in rubber latex collected from rubber tree grown in upland and lowland areas was almost the same. In contrast, the latex K and Mg collected from the upland and good productive lowland areas tended to be higher than that of the poor productive lowland. Concentration of primary nutrient in rubber leaves from the upland seemed to be higher than that in the lowland, but leaf Mn was opposite.

**Potassium status of upland and lowland growing soils and relationship between soil K and leaf and latex K.** Status of soil, leaf and latex K collected from rubber plot in upland and lowland areas was studied. Soils were sampled for analysis of K forms and correlations between soil K and leaf and latex K were calculated. Buffer coefficient of soil K ( $BC_K$ ) in coarse, moderate and fine textured soils was also conducted. It revealed that available K in upland and lowland soils was not different and considered as lower than the optimum level ( $40-60 \text{ mg kg}^{-1}$ ). However, fixed and total K in the upland soil was markedly lower than in the lowland soil. Leaf K of rubber in the upland tended to be lower than in the lowland and also considered as lower than the optimum level ( $13.6-16.5 \text{ g kg}^{-1}$ ) in both areas. Correlation between fixed K and leaf K was found. And there was positive correlation between leaf and latex K, thus, analysis of latex K could indicate the status of rubber tree K. The study of  $BC_K$  showed that the  $BC_K$  of coarse textured soil was higher than that in the moderate and fine textured soil, implying a low ability to fix K of coarse textured soil.

In conclusion, both upland and lowland growing soils were acidic and infertile. The lowland soil was a deeper and finer texture compared to the upland soil, resulting in poor drainage and slow hydraulic conductivity. In the poor productive plot, large amount of mottling was found within 0-30 cm depth. If limitations of water logging and



drainage were eliminated, lowland areas would be suitable for rubber cultivation as good as the upland areas. Primary nutrient and organic matter in both areas was similar and low, but Mn in lowland soil was much higher than the upland soil. Moreover, reserved K in the lowland soil was high. Therefore, if lowland soil is used for rubber cultivation, flooding and poor drainage will need to be manipulated. Inorganic fertilizer containing adequate primary nutrient together with organic fertilizer should be applied because organic fertilizer can promote soil looseness and water drainage, reduce Mn uptake and increase a release of K from reserved soil K.

## สารบัญตาราง

ตารางที่	คำอธิบายตาราง	หน้า
3.1	ลักษณะแปลงปลูกยางพาราที่ใช้ศึกษาและเก็บตัวอย่างดิน	23
3.2	ลักษณะดินและสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ของดินที่ศึกษา	28
3.3	ลักษณะस्थฐานวิทยาของหน้าตัดดินในบริเวณที่ทำการศึกษา	33
3.4	ค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ศึกษา	45
3.5	สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติบางประการของดินที่ศึกษา	47
3.6	ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ทำการศึกษาที่ระดับ ความลึก 0-50 เซนติเมตร	52
3.7	ระดับความเหมาะสมของดินที่ศึกษาสำหรับปลูกยางพารา (R)	53
4.1	สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และลักษณะเด่นของดินบริเวณแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีด ในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	69
4.2	สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และลักษณะเด่นของดินบริเวณแปลงยางพาราหลังเปิดกรีด ในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	70
4.3	สมบัติกายภาพบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ในแปลงปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	74
4.4	สมบัติกายภาพบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ในแปลง ปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	75
4.5	สมบัติเคมีบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ในแปลง ปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	77
4.6	สมบัติเคมีบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ในแปลง ปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	78
4.7	เส้นรอบวงที่ความสูง 20 เซนติเมตร เหนือรอยเท้าช้าง และ 150 เซนติเมตร เหนือผิวดิน และปริมาณเนื้อไม้ของยางก่อนเปิดกรีด เมื่ออายุ 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 ปี ที่ปลูกในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	80
4.8	เส้นรอบวงที่เหนือรอยเท้าช้าง 20 เซนติเมตร และที่ความสูง 170 เซนติเมตร เหนือผิวดิน และปริมาณเนื้อไม้ของยางหลังเปิดกรีด เมื่ออายุ 8.0, 8.5, .9.0 และ 9.5 ปี ที่ปลูกในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	81
4.9	น้ำหนักน้ำยางสดในช่วงฝน (พ.ย. 54) และช่วงแล้ง (มิ.ย.54) ที่ปลูก ในที่ลุ่มและที่ตอน	84

4.10 ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางในระยะก่อนเปิดกรีดในช่วงฝน (พ.ย. 54) และช่วงแล้ง (มิ.ย.54) จากแปลงในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่	85
4.11 ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางในระยะหลังเปิดกรีดในช่วงฝน (พ.ย. 54) และช่วงแล้ง (มิ.ย.54) ที่ปลูกในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	86
4.12 ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในใบยางในระยะก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ( $X \pm SD$ )	87
4.13 ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอนในใบยางในระยะ ก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ( $X \pm SD$ )	88
4.14 ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในใบยางในระยะหลังเปิดกรีดที่ปลูกในดอน ที่ลุ่ม ได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	88
4.15 ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอนในใบยางในระยะ หลังเปิดกรีดที่ปลูกในดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	88
4.16 น้ำหนักรากยางที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 ในยางพาราก่อน เปิดกรีดในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน	89
4.17 น้ำหนักรากยางที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 ในยางพาราหลัง เปิดกรีดในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน	90
4.18 ความเข้มข้นของแมงกานีส ( $mg\ kg^{-1}$ ) ในรากยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ระดับ ความลึก 0-30 ซม.และ 30-60 ซม. ที่ปลูกในพื้นที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และ ที่ลุ่มได้ผลไม่ดีในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง	91
4.19 ความเข้มข้นของแมงกานีส ( $mg\ kg^{-1}$ ) ในรากยางพาราหลังเปิดกรีดที่ระดับ ความลึก 0-30 ซม.และ 30-60 ซม. ที่ปลูกในสภาพพื้นที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และ ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง	91
5.1 สมบัติทางเคมีและอนุภาคดินของดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม	108
5.2 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา	109
5.3 ระดับโพแทสเซียม ( $NH_4OAc-K$ ) ในดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ความลึก 0-30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน	111
5.4 ระดับโพแทสเซียม ( $NH_4OAc-K$ ) ในดินปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดที่ความลึก 0-30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน	112
5.5 โพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอน และในที่ลุ่ม	113
5.6 ระดับโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามเกณฑ์มาตรฐาน	114

5.7 ระดับโพแทสเซียมในใบยางพาราหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามเกณฑ์มาตรฐาน	114
5.8 โพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอน และในที่ลุ่ม	115
5.9 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดอนและในที่ลุ่ม ที่ใช้ปลูกยางพารา	116
5.10 แพทโคเอฟฟีเซียนท์ระหว่าง $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน	117
5.11 แพทโคเอฟฟีเซียนท์ระหว่าง $\text{HNO}_3\text{-K}$ กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน	117
5.12 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ กับสมบัติทางเคมีบางประการ	118
5.13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรุ่มน้ำยางพารา (n=64)	119
5.14 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเซรุ่มน้ำยางพารา	120
5.15 สมบัติทางเคมีและร้อยละอนุภาคดินของกลุ่มดินเนื้อละเอียด ปานกลาง และหยาบที่ความลึก 0-30 ซม.	122
5.16 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง $\text{BC}_k$ กับสมบัติทางเคมีและอนุภาคดิน (n=9)	123
5.17 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่า $\text{BC}_k$ กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน (n=9)	123

## สารบัญรูป

รูปที่	คำอธิบายรูป	หน้า
3.1	ระวางแผนที่สภาพภูมิประเทศ แสดงที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา	24
3.2	ลักษณะหน้าตัดดินของดินที่ศึกษาตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (MSL) บริเวณ อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา	30
3.3	ลักษณะหน้าตัดดินของดินที่ศึกษาตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (MSL) บริเวณ อ.นาทวี จ.สงขลา	31
3.4	ลักษณะหน้าตัดดินของดินที่ศึกษาตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (MSL) อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	32
3.5	ประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ของดินที่ศึกษาในบริเวณที่ดอน (ก) และที่ลุ่ม (ข)	38
3.6	การแจกกระจายของอนุภาคดินขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) และเนื้อดินตามชั้นกำเนิดดินของดินที่ศึกษาในบริเวณที่ดอน	39
3.7	การแจกกระจายของอนุภาคดินขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) และเนื้อดินตามชั้นกำเนิดดินของดินที่ศึกษาในบริเวณที่ลุ่ม	40
3.8	ระดับความหนาแน่นรวมของดิน บริเวณตอนบนของชั้นดินในระดับ ความลึก 0-70 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ของดินที่ศึกษา	41
3.9	สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิมตัวด้วยน้ำ บริเวณตอนบนของชั้นดินในระดับ ความลึก 0-70 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ของดินที่ศึกษา	42
3.10	ปฏิกิริยาดิน (pH) ที่วัดในน้ำและในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ของดินที่ศึกษา	47
3.11	สภาพการนำไฟฟ้าของดินที่ศึกษา	48
3.12	ปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดของดินที่ศึกษา	48
3.13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดของดินที่ศึกษา	49
3.14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้และกรดที่แลกเปลี่ยนได้ ของดินที่ศึกษา	49
3.15	ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่ศึกษา	50
3.16	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออนของดินที่ศึกษา	50
4.1	ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิจังหวัดสงขลาระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 ถึง กันยายน พ.ศ. 2555	71
4.2	ระดับน้ำใต้ดินในแปลงปลูกยางพารา ก่อนเปิดกรีดในแปลงที่ลุ่ม ได้ผลดีและไม่ดี	72

4.3	ระดับน้ำใต้ดินในแปลงปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ดี	72
4.4	ผลผลิตน้ำยางสดยางพาราที่ปลูกในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	82
4.5	เนื้อยางแห้งยางพาราที่ปลูกในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	83
5.1	ค่า $BC_K$ จากการพลอตกราฟระหว่างโพแทสเซียมที่เติม กับโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน	107
5.2	ความเข้มข้นของ Water-K, Exch-K และ $NH_4OAc-K$ ในดินที่ดอนและในที่ลุ่ม ที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 (A) และ 30-60 (B) เซนติเมตร	109
5.3	ความเข้มข้นของ Fixed-K และ $HNO_3-K$ ในดินที่ดอน และในที่ลุ่ม ที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 (A) และ 30-60 (B) เซนติเมตร	110
5.4	ความเข้มข้นของ Total-K ในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม ที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร	110
5.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ $HNO_3-K$ ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ ปลูกยางพารา	118
5.6	สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียม ( $BC_K$ ) ในดินปลูกยางพาราเนื้อดินต่างๆ	123

## บทที่ 1

### บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 16.89 ล้านไร่ และมีพื้นที่ปลูกในภาคใต้มาก ถึง 11.33 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2553) จากพื้นที่ทั้งหมดในภาคใต้ 44 ล้านไร่ (วุฒิชชาติ, 2550) พื้นที่ปลูกยางพาราในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีการพัฒนาการสูง มีสภาพเป็นกรด มีอินทรีย์วัตถุ และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (เอิบ, 2533) การใส่ปุ๋ยจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตยางพารา โดยในระยะก่อนเปิดกรีดยางมีการแนะนำให้ใช้ปุ๋ยผสมสูตร 20-8-20 อัตรา 300-740 กรัมต่อตันต่อปี ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดเนื้อดินและอายุยางพารา ในยางพาราหลังเปิดกรีดยางแนะนำให้ใช้ปุ๋ยสูตร 29-5-18 อัตรา 1 กิโลกรัมต่อตันต่อปี (นุชนารถ, 2554) ในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2545-ปัจจุบัน ราคายางพารามีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยางพารามีจำกัด จึงทำให้มีการใช้พื้นที่นาร้างหรือพื้นที่ลุ่มมาใช้ปลูกยางพารากันมากขึ้น สำหรับการปลูกยางพาราในพื้นที่ลุ่มมีทั้งที่ได้ผลและไม่ไ้ผล ในบางพื้นที่ต้องมีการขุดร่องเพื่อระบายน้ำ แต่ในบางพื้นที่หากระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก แม้ว่าเป็นที่ลุ่มก็สามารถนำมาใช้ปลูกยางพาราได้

มีการศึกษาการเจริญเติบโตของยางพาราในพื้นที่ดอน และพื้นที่นาร้างในอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง พบว่า ยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาร้างมีการเจริญเติบโต และผลผลิตต่ำกว่าในพื้นที่ดอนที่เป็นพื้นที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเกิดจากระดับน้ำใต้ดินตื้น ดินในพื้นที่นาร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และมีธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่สูงกว่าดินในที่ดอนซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย (ระวี และอิมรอนเฮม, 2553) อย่างไรก็ตาม พบว่า ความยาวรากของต้นยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาร้าง และพื้นที่ดอนมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้น อาจจะมีสมบัติอื่นๆ เป็นข้อจำกัดการเจริญเติบโตของยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาร้าง ทั้งนี้เพราะดินที่อยู่ในสภาพน้ำขังอาจมีแมงกานีสละลายออกมาได้มาก (ไพบูลย์, 2546; Sparks, 2003; Sposito, 2008) จนอาจจะเป็นพิษกับยางพาราได้

ดินที่ลุ่มโดยทั่วไปเป็นดินเนื้อละเอียดกว่าดินที่ดอนที่ใช้ปลูกยางพารา ดินเนื้อละเอียดมักมีโพแทสเซียม (Havlin *et al.*, 2005) รวมทั้งธาตุอื่นๆ สูงกว่าดินที่ดอน โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ยางพาราต้องการมาก และมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างน้ำยาง ในใบยางพารามีปริมาณโพแทสเซียมสูงรองจากไนโตรเจน โดยที่โพแทสเซียมเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีระต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การเคลื่อนย้ายและการสะสมคาร์โบไฮเดรต มีรายงานว่า ในน้ำยางสด 1,000 กิโลกรัม มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ 25 กิโลกรัม (สถาบันวิจัยยาง, 2550) นอกจากนั้น จากการศึกษาความต้องการโพแทสเซียม

ของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 พบว่า ยางพาราต้องการโพแทสเซียม 95 กรัมต่อตันต่อปี (สุนทรี และจินตนา, 2549) เมื่อยางพาราขาดโพแทสเซียมจะเจริญเติบโตช้า ไม่สูง มีใบน้อย และขนาดเล็ก ในยางพาราที่เปิดกรีดแล้วการให้ธาตุโพแทสเซียมอย่างเพียงพอจะทำให้หน้ายางสร้างเปลือกใหม่ได้เร็วขึ้น และช่วยให้น้ำยางเพิ่มมากขึ้น (เวท และนุชนารถ, 2524) การใช้ปุ๋ยกับยางพาราจึงต้องให้ธาตุโพแทสเซียมในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ โดยเฉพาะในดินเขตร้อนชื้นเช่นในภาคใต้ของประเทศไทยซึ่งมีฝนตกชุก จึงทำให้ดินในที่ดอนมีการชะละลายออกไปถึงแม้ว่าจะมีการปลูกพืชคลุมดินก็ตาม (ประภาศรี และคณะ, 2549) จึงส่งผลให้โพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ แต่ในดินในที่ลุ่มหรือดินนาร้างส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนเนื้อละเอียด จัดเป็นดินที่มีพัฒนาการน้อยกว่าดินที่ดอน แร่ดินเหนียวในดินที่ลุ่มมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดี ส่งผลให้ในดินเนื้อละเอียดโดยทั่วไปมีโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าสูงกว่าดินในที่ดอน ทั้งนี้ ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินขึ้นอยู่กับสมบัติต่างๆ ของดิน ได้แก่ พีเอช เนื้อดิน อินทรีย์วัตถุในดิน รวมทั้งปริมาณของแมกนีเซียมและแคลเซียมซึ่งเป็นแคตไอออนที่เป็นปฏิปักษ์ (antagonism) ต่อการดูดใช้โพแทสเซียมในดินของพืช (Brady and Weil, 2008)

โพแทสเซียมในดินอยู่ในรูปของโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน ไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ไอออนที่ถูกตรึง และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ในดิน สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์กับพืช คือ โพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน และส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ โดยทั้ง 2 รูปนี้มีอยู่ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมทั้งหมด (Brady and Weil, 2008) แต่เมื่อพืชดูดโพแทสเซียมไปใช้ ทำให้โพแทสเซียมในสารละลายดินลดลง ส่งผลให้โพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมไอออนออกมาในสารละลายดิน ความสามารถของดินที่จะรักษาระดับโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน (K buffering capacity) เป็นสมบัติที่สำคัญที่ขึ้นอยู่กับสมบัติต่างๆ ของดิน ในดินที่มีความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียมในสารละลายดินต่ำ แม้ค่าการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งนิยมวิเคราะห์กันทั่วไปมีค่าสูง แต่ก็อาจจะมีปัญหาการขาดโพแทสเซียมได้ง่าย ส่วนในดินที่มีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมในสารละลายได้สูง ก็ไม่จำเป็นต้องเพิ่มธาตุโพแทสเซียมให้กับดินทุกปี

ดังนั้น การศึกษาสถานะของโพแทสเซียมในดิน ตลอดจนสมบัติต่างๆ ของดินในที่ลุ่มและที่ดอนจึงเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกพื้นที่ลุ่มเพื่อใช้ในการปลูกยางพารา และการปรับปรุงสภาพพื้นที่ ตลอดจนการจัดการดินและปุ๋ยให้เหมาะสมทั้งในที่ลุ่มและที่ดอน



### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพพื้นที่ สัณฐานดิน สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินปลูกยางพารา ในสภาพที่ลุ่มและที่ดอน
2. เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ และความเหมาะสมของดินที่ใช้ปลูกยางพาราทั้งในสภาพที่ลุ่ม และที่ดอนเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดิน
3. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต ธาตุอาหารไนโบ และองค์ประกอบทางชีวเคมีใน น้ำยางจากต้นยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอน
4. เพื่อศึกษาโพแทสเซียมรูปแบบต่างๆ และความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง ระดับโพแทสเซียมในสารละลายดิน ในดินที่ลุ่มและที่ดอนที่ปลูกยางพารา
5. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมไนโบ และในน้ำยางกับโพแทสเซียมรูปแบบต่างๆ และสมบัติต่างๆ ของดิน

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

ยางพาราเป็นพืชที่ให้น้ำยางเป็นผลิตภัณฑ์หลัก โดยยางพาราจะให้ผลผลิตสูงได้นั้น นอกจากจะใช้พันธุ์ดี และปลูกในสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมแล้ว ยางพาราจะต้องได้รับธาตุอาหารต่างๆ อย่างเพียงพอและเหมาะสม เพื่อให้พืชมีการการสังเคราะห์แสง และนำน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นสิ่งที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปสร้างน้ำยาง ดังนั้น จึงต้องปลูกยางในพื้นที่ที่เหมาะสม ตลอดจนมีการจัดการดินและปุ๋ยให้เหมาะสมกับความต้องการของยางพาราตามสภาพพื้นที่ และสมบัติของดิน

#### สภาพแวดล้อมและลักษณะดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา

การปลูกยางพาราให้ได้ผลดี นอกจากการคัดเลือกพันธุ์ดี และมีการจัดการที่เหมาะสมแล้ว ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก คือ สภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นปัจจัยธรรมชาติที่ควบคุมได้ยาก ดังนั้น การเลือกพื้นที่ปลูกยางพาราจึงต้องพิจารณาถึงปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ และลักษณะดินดังนี้

**สภาพภูมิอากาศ** สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกในการเลือกพื้นที่ปลูกยางพารา พื้นที่ปลูกยางพาราเดิมของโลกอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 10 องศาเหนือ และ 10 องศาใต้ของเส้นศูนย์สูตร โดยแหล่งปลูกยางพาราที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 6 องศาเหนือ และ 6 องศาใต้ของเส้นศูนย์สูตร โดยพื้นที่สามารถปลูกยางได้เป็นพื้นที่ที่อยู่ระหว่างเส้นรุ้ง 28 องศาเหนือ และ 28 องศาใต้ของเส้นศูนย์สูตร ดังนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมอื่นๆ ไม่เป็นข้อจำกัดก็สามารถปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือของประเทศไทยได้เช่นกัน

ปราโมทย์ และคณะ (2527) ได้สรุปสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา คือ ต้องมีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,350 มิลลิเมตรต่อปี มีจำนวนวันฝนตก 120-150 วันต่อปี มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีควรอยู่ที่ประมาณ 24-27 องศาเซลเซียส พื้นที่ปลูกอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ความเร็วลมไม่เกิน 1 เมตรต่อวินาที และได้รับแสง 1,800-2,800 ชั่วโมงต่อปี

**สภาพพื้นที่และลักษณะดิน** ยางพาราปลูกได้ทั้งในพื้นที่ราบ ที่มีความลาดชันเล็กน้อยถึงสูง ซึ่งพบทั่วไปในภาคใต้ แต่ปัญหาการปลูกในที่ที่มีความลาดชันสูง คือ การชะล้างผิวหน้าดิน ดังนั้น จึงต้องมีการปลูกแบบขั้นบันได และปลูกพืชคลุมระหว่างแถวของยางพารา อย่างไรก็ตาม พื้นที่ปลูกยางพาราควรมีความลาดชันไม่เกิน 35 องศา และถ้าความลาดชันเกิน 15 องศา ก็ต้องทำขั้นบันได และระดับความสูงจากน้ำทะเลไม่ควรเกิน 600 เมตร เพราะการ

ปลูกลูกยางบนที่สูงทำให้ยางโตช้า (นุชนารถ, 2552) ลักษณะดินที่เหมาะสมต่อการปลูกลูกยางพาราควรมีสสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสม โดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพซึ่งปรับปรุงได้ยากคือ ดินต้องมีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยไม่มีชั้นหินแข็ง หินโผล่ หรือชั้นดานที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของราก และดินต้องมีการระบายน้ำดีถึงค่อนข้างดี มีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 เมตร (ปราโมทย์ และคณะ, 2527; นุชนารถ, 2552) ดังนั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะปลูกลูกยางพาราในที่ลุ่ม ส่วนเนื้อดินที่เหมาะสมควรเป็นดินเหนียว ดินร่วน หรือร่วนเหนียวปนทราย เพราะจะช่วยให้ดินมีการระบายน้ำ และอากาศได้ดี สำหรับสมบัติทางเคมีของดินต้องไม่มีสภาพความเป็นด่างจัดหรือกรดจัด โดยพีเอชที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง 4.5-5.5 (นุชนารถ, 2552) ซึ่งเป็นพีเอชดินที่พบทั่วไปในเขตร้อน ในขณะที่ Karthikakuttyamma และคณะ (2000) ได้สรุปว่า ค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการปลูกลูกยาง คือ ช่วงพีเอช 4-6.5 โดยที่ยางสามารถจะทนได้ในช่วงพีเอช 3.8-8.0 และถ้าพีเอชมากกว่า 8.0 ก็ทำให้การเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้ ดินปลูกลูกยางต้องไม่เป็นดินเค็ม (เวท และสมยศ, 2523) อย่างไรก็ตาม ประมาณ 5-6 ปี ที่ผ่านมายางพารามีราคาแพง ทำให้เกษตรกรได้ขยายพื้นที่ปลูกลูกยางพารา ไปยังพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม คือ ในที่ลุ่มหรือพื้นที่นาร้าง รวมทั้งพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง

### ดินปลูกลูกยางพาราในประเทศไทย

ดินที่ใช้ปลูกลูกยางพาราในประเทศไทยมีประมาณ 70 ชนิด สามารถแบ่งกว้างๆ ตามกลุ่มเนื้อดินได้เป็น 2 กลุ่มดิน ดังนี้ (ยงยุทธ, 2547)

**กลุ่มดินร่วน** ชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วน ได้แก่ ชนิดดินหาดใหญ่ ชนิดดินอ่าวลึก ชนิดดินลำภูรา ชนิดดินห้วยยอด ชนิดดินกระบี่ ชนิดดินชุมพร ชนิดดินหนองคล้า และชนิดดินคลองซาก เป็นต้น สมบัติโดยทั่วไปของดินในกลุ่มนี้ คือ มีเนื้อดินร่วนถึงดินเหนียว อุ่มน้ำได้ดี การระบายน้ำและอากาศพอประมาณ มีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ปานกลาง มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำถึงปานกลาง

**กลุ่มดินทราย** ชนิดที่อยู่ในกลุ่มดินทราย ได้แก่ ชนิดดินคลองท่อม ชนิดดินคองหงส์ ชนิดดินน้ำกระจาย และชนิดดินสะเดา เป็นต้น สมบัติโดยทั่วไปของดินในกลุ่มนี้ คือ มีเนื้อดินทรายจนถึงร่วนปนทราย อุ่มน้ำได้น้อย ดูดซับแคตไอออนได้น้อย โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ มีการสูญเสียธาตุอาหารจากดินโดยการชะละลายมาก

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินปลูกลูกยางพารา พบว่า ดินปลูกลูกยางพาราส่วนใหญ่ (ดินบน) มีพีเอชอยู่ในช่วง 4.3-5.0 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4-23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดว่าต่ำถึงปานกลาง โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 14-128 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.50-0.87 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำถึงค่อนข้างต่ำ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.06-2.08 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งส่วนใหญ่มีปริมาณสูง

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.03-0.44 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งส่วนใหญ่มีปริมาณปานกลางถึงค่อนข้างสูง (นุชนารถ และคณะ, 2522) จากการศึกษาความเหมาะสม และการจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกยางในเขตภาคใต้ตอนล่าง พบว่า ดินส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดินทราย มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ มีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ ดังนั้น จึงต้องเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน โดยการใส่ปุ๋ยเคมี และควรปรับปรุงดินโดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ (นุชนารถ และคณะ, 2541ก)

ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นอันดับสองรองจากอินโดนีเซีย โดยมีพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ 16.89 ล้านไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่ หรือร้อยละ 67 อยู่ในภาคใต้ (สถาบันวิจัยยาง, 2553) โดยที่พื้นที่ทางการเกษตรในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นดินที่ผ่านการพัฒนา หรือการผุพังสลายตัวมาอย่างรุนแรง ทำให้ในภาคใต้ประมาณร้อยละ 51 เป็นดินในอันดับอัลทิโซลส์ (เจริญ และคณะ, 2540) ดินในอันดับอัลทิโซลส์เป็นดินที่ผ่านการพัฒนาตัว และมีการชะละลายสูงส่งผลให้ดินมีแคตไอออนที่ไม่เป็นกรด หรือแคตไอออนสภาพเบส (nonacidic cation หรือ basic cation) คือ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมต่ำ นอกจากนี้ ดินยังมีสภาพเป็นกรด มีอินทรีย์วัตถุ และฟอสฟอรัสต่ำ โดยภาพรวมแล้วจึงสรุปได้ว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (เอิบ, 2533) การใช้ปุ๋ยจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยต้นยางพาราจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีไนโตรเจนทั้งหมดในดินต่ำกว่า 0.8 กรัมต่อกิโลกรัม (0.08 %) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแมกนีเซียมต้นยางพาราจะตอบสนองอย่างเด่นชัดเมื่อมีโพแทสเซียมในดินสูง (นุชนารถ, 2550 ข)

### การปลูกยางพาราในพื้นที่ลุ่ม

พื้นที่ลุ่มเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศราบลุ่มจนถึงลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย และมีระดับน้ำใต้ดินตื้น เนื้อดินที่พบส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียด ดินมีการระบายน้ำเลว มีอัตราการไหลน้ำซึมผ่านผิวดินช้า ทำให้ดินคงสภาพเปียกชื้นอยู่เป็นเวลานาน ส่งผลให้อาจพบสีจุดประภายในหน้าตัดดินได้ หากดินมีการแห้งสลับกับการเปียก โดยทั่วไปแล้วจึงไม่เหมาะสำหรับการปลูกพืช ยกเว้นพืชที่ชอบน้ำขัง เช่น ข้าว แห้วหมู กก เป็นต้น แต่จากสภาพการปรับตัวของร่าคายางพาราที่สูงขึ้น ส่งผลให้ในปัจจุบันมีการใช้พื้นที่ลุ่ม หรือพื้นที่นาร้างมาใช้ปลูกยางพารามากขึ้น โดยพบได้ในพื้นที่ทั่วไปในแหล่งปลูกยางใหม่ทางภาคตะวันออก ฉะเชิงเทรา และแหล่งปลูกยางเดิมทางภาคใต้ จากการสำรวจพื้นที่สวนยางเกษตรกรโดยศูนย์วิจัยยางหนองคาย ที่อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู ที่ประสบปัญหาต้นยางอายุ 2 ปี มีอาการใบเหลือง และแคระแกร็น ในช่วงฤดูแล้ง พบว่า ดินแข็ง และต้นยางพารามีลักษณะการออกดอกเป็นกระจุกคล้ายช่อดอกสะเดา โดยสวนยางดังกล่าวเดิมเป็นพื้นที่นา และก่อนปลูกยางไม่ได้มีการไถยกร่องเพื่อระบายน้ำ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนทำให้มีการท่วมขังของน้ำ ส่งผลให้ใบ

ยางเหลือง และต้นแคระแกร็น กรณีที่ต้นยางพาราออกดอกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ซึ่งเป็นการออกดอกในฤดู ส่วนลักษณะการออกดอกเป็นกระจุกคล้ายช่อดอกสะเดานั้น เป็นผลเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง ซึ่งอาการดังกล่าวจะหายไปเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน และเมื่อต้นยางพาราได้รับการใส่ปุ๋ยบำรุง ลักษณะดังกล่าวนี้มีรายงานว่า เคยพบกับต้นยางพาราที่เปิดกรีดที่จังหวัดเลย เมื่อปี พ.ศ. 2549 และต้นยางพาราอายุ 3-5 ปี ที่จังหวัดหนองคายเมื่อ พ.ศ. 2552 เช่นกัน โดยลักษณะดังกล่าวจะหายไปเมื่อเข้าฤดูฝน และมีการใส่ปุ๋ยบำรุงต้นยางพาราแล้ว (ชุมสินธุ์, 2553)

นอกจากนั้น ยังพบปัญหาการปลูกยางพาราในพื้นที่นาเดิมจังหวัดพัทลุง ทั้งพื้นที่นาลุ่มและนาที่ดอน ซึ่งเป็นพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา เนื่องจากมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดินมากโดยเฉพาะในนาลุ่มที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ในแหล่งปลูกยางเดิมทางภาคใต้มีการรายงานโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดพัทลุง เมื่อปี 2549 ถึงพื้นที่การปลูกยางพาราในจังหวัดพัทลุงซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ลุ่มในฝั่งด้านตะวันออกของจังหวัด พบว่า จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ปลูกยางพารา 1.4 ล้านไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกยางในที่นาเดิม 87,617 ไร่ (ชุมสินธุ์, 2553)

ปัญหาหลักของการปลูกยางพาราในที่ลุ่ม คือ การมีระดับน้ำใต้ดินตื้น ซึ่งโดยปกติแล้วยางพาราเป็นพืชที่ต้องการดินที่มีหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร และไม่มีชั้นชั้นดานหรือลูกรังอัดแน่น ทั้งนี้เพื่อการยึดเกาะของรากกับดิน ยางพาราเป็นพืชที่ชอบดินที่มีการระบายน้ำดี ถึงค่อนข้างดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ดินที่ปลูกควรมีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 เมตร สำหรับยางในระยะ 1-3 ปีแรกของการปลูกในที่ลุ่ม อาจเห็นว่าต้นยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้น ทำให้ต้นยางพาราได้รับความชื้น และสามารถดูดใช้ธาตุอาหารตลอดจนเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ แต่เมื่อต้นยางพาราโตขึ้น ระบบรากมีการพัฒนา และขยายหยั่งลงไป ในดินได้เพิ่มขึ้น ก็จะทำให้เกิดการจำกัดของระบบรากเนื่องจากแช่ขังอยู่ในน้ำ ซึ่งส่งผลให้รากพืชขาดออกซิเจน ดังนั้น จึงมีการเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ หรืออาจรุนแรงอาจทำให้ยืนต้นตาย โดยยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาดอนส่วนใหญ่จะยืนต้นตายเมื่ออายุไม่เกิน 7-10 ปี ส่วนยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาลุ่มจะยืนต้นตายเมื่ออายุ 2-5 ปี (ปราโมทย์ และคณะ, 2527; ชุมสินธุ์, 2553) นอกจากนี้ ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มยังมีโอกาสเกิดโรครากขาว และมีโอกาสรุนแรงของโรคสูงกว่าในดินที่มีการระบายน้ำดีประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ (ปราโมทย์ และสมเจตน์, 2530)

ระวี และอิบรอเฮม (2553) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตของยางพาราในพื้นที่นาร้าง และที่ดอนในอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง พบว่า ยางพารามีการเจริญเติบโตผลผลิต ปริมาณรีดิวซ์ไทออล (reduced thiol) ในน้ำยาง เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง น้ำหนักสด เส้นรอบวงของลำต้น และความยาวรากต่ำกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอนในบริเวณเดียวกัน ในดินนาร้างซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินตื้น คือ 25.14 เซนติเมตรจากผิวดิน พบว่า ดินมีค่าความจุ

แลกเปลี่ยนแคตไอออน และธาตุอาหารพืช คือ ไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สูงกว่าในดินที่ดอน ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบ ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม และเหล็ก พบว่า ในยางพาราที่ปลูกในดินที่ลุ่มมีธาตุดังกล่าวในปริมาณที่สูงกว่าที่ปลูกในดินที่ดอน ในขณะที่พบว่าธาตุฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมต่ำกว่า

ปราโมทย์ และสมเจตน์ (2530) ได้รายงานถึงชุดดินที่มีการระบายน้ำเลวที่นำมาใช้ปลูกยางพาราในแหล่งปลูกยางเดิมในภาคใต้ว่ามีทั้งหมด 17 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินสายบุรี ชุดดินโคกเคี่ยม ชุดดินละงู ชุดดินน้ำกระจาย ชุดดินสุไหงปาดี ชุดดินพะยอมงาม ชุดดินทรายขาว ชุดดินสงขลา ชุดดินสะท้อน ชุดดินสตูล ชุดดินวิสัย ชุดดินวังคง ชุดดินย่านตาขาว ชุดดินชลบุรี ชุดดินแกหลง ชุดดินมะขาม และชุดดินฝักกาด ดังนั้น ในกรณีของสวนยางที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนระบบการระบายน้ำ โดยอาจใช้การขุดคูระบายน้ำให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1.2 เมตร จากผิวดิน (นุชนารถ, 2548) เพื่อระบายน้ำออกจากผิวดินและบริเวณรากพืช ก่อนที่ต้นยางพาราจะได้รับความเสียหาย และควรมีการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ หรือปุ๋ยหมัก เพื่อปรับโครงสร้างดินให้ร่วนซุย ซึ่งจะช่วยให้การระบายน้ำ และอากาศได้เร็วขึ้น แต่หากไม่สามารถจัดการปัญหาดังกล่าวได้ ก็อาจแก้โดยการเลือกใช้พันธุ์ยางที่สามารถปลูกได้ในดินที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง หรือดินที่มีการระบายน้ำเลว แทน เช่น พันธุ์ GT 1, PR 255, PR 261, PB 255 และ PB 260 (ปราโมทย์ และสมเจตน์, 2530) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในภาคใต้นิยมปลูกพันธุ์ RRIM 600 และพันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 (สถาบันวิจัยยาง, 2549) เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่าย

ดินที่ลุ่มเมื่ออยู่ในสภาพการท่วมขังของน้ำ การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างดินกับบรรยากาศ และปริมาณของออกซิเจนที่อยู่ในดินจะลดลงอย่างมากก่อให้เกิดสภาพรีดักชัน (reduction) ส่งผลให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพวจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ ทำให้จุลินทรีย์พวกนี้ไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ แต่จะมีจุลินทรีย์พวกไม่ใช้ออกซิเจนเจริญเติบโตขึ้นมาแทน จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในสภาพน้ำขังจะใช้สารประกอบของธาตุที่มีอยู่ในดินที่มีออกซิเดชันสูง อันได้แก่ ไนเตรตไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) แมงกานีสไอออนที่มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ 4 ( $\text{Mn}^{4+}$ ) เฟอริกไอออน ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) และคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ไปใช้ในการหายใจหรือรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน (electron acceptor) สารประกอบแรกที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการหายใจ คือ ไนเตรตไอออน เมื่อไนเตรตไอออนถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เป็นการหายใจก็จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไนไตรต์ ( $\text{NO}_2^-$ ) และก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) ซึ่งจะสูญเสียไปในบรรยากาศ เมื่อไนเตรตไอออนในดินลดลง จุลินทรีย์จะใช้สารประกอบหรือไอออนของธาตุดังกล่าวเป็นตัวรับอิเล็กตรอนถัดไปตามลำดับ

ในดินโดยทั่วไปมีแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 10-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Troeh and Thompson, 2005) แต่ในสภาพน้ำขัง และในดินที่มีพีเอชต่ำกว่า 5.5 แมงกานีสไอออน ( $\text{Mn}^{2+}$ ) ในดินจะมีการปลดปล่อยออกมาในสารละลายดินมากขึ้น จนมีปริมาณที่มากจน

อาจเกิดความเป็นพิษต่อพืช โดยปกติแล้วแมงกานีสในดินจะอยู่ในรูปสารประกอบแมงกานีสไดออกไซด์ ( $MnO_2$ ) ซึ่งแมงกานีสจะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ 4 ( $Mn^{4+}$ ) แต่เมื่อถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่งผลให้เปลี่ยนมาอยู่ในรูปแมงกานีสไอออน ซึ่งเป็นรูปที่พืชดูดนำไปใช้ ถ้าหากมีปริมาณที่มากก็จะส่งผลให้เกิดการเป็นพิษต่อพืชได้ ได้มีการรายงานถึงผลของการทดลองปุ๋ยของยางพาราที่ปลูกในชุดดินคองหงส์ซึ่งพบปริมาณธาตุแมงกานีสในใบยางพาราสูงถึง 200-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปริมาณแมงกานีสที่สูงดังกล่าวอาจก่อให้เกิดอาการเป็นพิษต่อยางพาราได้ (นุชนารถ, 2534) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาธาตุอาหารในใบยางพาราในจังหวัดนครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี ว่ามีปริมาณแมงกานีสในใบสูงถึง 353-629 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ระดับแมงกานีสที่เหมาะสมต่อยางพารานั้นมีค่าเพียง 45-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (นุชนารถ และคณะ, 2551)

### ความสำคัญของโพแทสเซียมกับยางพารา

พืชจะเจริญเติบโตได้ดีขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ปลูก พันธุ์ ธาตุอาหาร แต่ในบรรดาปัจจัยด้านธาตุอาหารที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชนั้น ปัจจัยที่มีอยู่น้อยที่สุดจะเป็นตัวที่จำกัดการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช ธาตุอาหารแต่ละชนิดจะมีหน้าที่ในการทำงานที่จำเพาะเจาะจง ดังนั้น หากพืชขาดแคลนก็จะแสดงอาการผิดปกติออกมาตามหน้าที่บทบาทของธาตุนั้นๆ อย่างไรก็ตาม เราสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้โดยการใส่ธาตุอาหารที่พืชต้องการลงไปซึ่งอยู่ในรูปของปุ๋ย เช่น ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ เป็นต้น ในปัจจุบันธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชประกอบด้วย 17 ธาตุ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ 1) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 2) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน และ 3) ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ แมงกานีส สังกะสี เหล็ก ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และนิเกิล ยางพาราเป็นพืชที่ต้องการธาตุโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงรองจากไนโตรเจน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการสร้างน้ำยาง ดังนั้น จึงต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงให้แก่ยางพารา

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก รูปของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ คือ โพแทสเซียมไอออน ( $K^+$ ) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย จึงทำให้ดินที่มีการชะละลายสูงเกิดการสูญเสียโพแทสเซียมออกไปจากดินได้ง่าย (อภิรดี, 2534; ประภาศรี และคณะ, 2549) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ใดๆ ในพืช แต่โพแทสเซียมมีหน้าที่หลัก คือ ควบคุมแรงดันออสโมติก (osmoregulation) รักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าในเซลล์ และควบคุมพีเอชให้อยู่ระหว่าง 7-8 ซึ่งเหมาะสมกับกิจกรรมของเอนไซม์โดยส่วนใหญ่ (Marschner, 1995) ดังนั้น จึงพบโพแทสเซียมมากในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) โดยมีเอนไซม์ประมาณ 50 ชนิดที่ต้องใช้โพแทสเซียมเป็นตัวกระตุ้น

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เกี่ยวข้องกับลำเลียงแป้ง และน้ำตาล ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ช่วยให้ทนต่อโรค และแมลง นอกจากนี้ ยังเกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ กระบวนการเปลี่ยนแปลงความต่งของเซลล์ ช่วยเพิ่มคุณภาพ และปริมาณของผลผลิต การเพิ่มปุ๋ยโพแทชเป็นการเพิ่มโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน ซึ่งนอกจากพืชจะดูดใช้โพแทสเซียมไอออนได้มากขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้มีการดูดใช้ไนเตรตไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) ได้มากขึ้นด้วย ในขณะที่ทำให้ดูดแมกนีเซียมไอออน ( $\text{Mg}^{2+}$ ) และแคลเซียมไอออน ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ได้น้อยลง (ยงยุทธ, 2552)

ต้นยางพาราเป็นพืชที่ต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่สูง โดยส่วนต่าง ๆ ของยางพาราได้แก่ ใบ ลำต้น ราก และน้ำยาง มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 0.887, 0.430, 0.521 และ 0.260 ตามลำดับ (สุนทรี และจินตนา, 2549) ในน้ำยางที่มีโพแทสเซียมสูง เชื่อว่าจะทำให้ผลผลิตสูง โดยมีรายงานว่า ผลผลิตและอัตราการไหลของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทชมากขึ้น (Watson, 1989 อ้างโดย Sethuraj, 1992) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า การเพิ่มผลผลิตยางเนื่องจากการใช้สารกระตุ้นเพื่อเร่งน้ำยางนั้นทำให้โพแทสเซียมในน้ำยางเพิ่มขึ้น (Tupy, 1973 อ้างโดย Sethuraj, 1992) ในเบื้องต้นคาดว่า การเพิ่มขึ้นของผลผลิตเมื่อใช้สารเร่งน้ำยางเกิดจากโพแทสเซียมช่วยลดการอุดตันของท่อน้ำยาง อย่างไรก็ตาม พบว่าเปลือกหน้ากรีดมีอาการผิดปกติ มีลักษณะไหม้เป็นสีน้ำตาล (brown bast) เมื่อใช้ปุ๋ยโพแทชอัตราสูง (Pushpadas *et al.*, 1975 อ้างโดย Sethuraj, 1992)

โดยทั่วไปธาตุโพแทสเซียมมักเพียงพอในดินเนื้อละเอียด แต่มักจะขาดในดินเนื้อหยาบ หรือดินที่มีการทำการเกษตรอย่างยาวนาน และไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทชลงไปเพิ่มเติม ดังนั้น หากในดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของยางพารา ก็จะส่งผลให้ยางพาราขาดโพแทสเซียมได้ โดยทั่วไปแล้วการขาดธาตุโพแทสเซียมมักพบได้ทั่วไปในพืชที่ปลูกในดินเนื้อหยาบ ซึ่งลักษณะอาการการขาดโพแทสเซียมจะพบอาการใบเหลืองซีดทั้งใบ โดยเริ่มจากยอด และขอบใบ ปลายใบแก่จะแห้ง หรือเป็นจุดสีน้ำตาล ใบอ่อนจะพบจุดประสีแดง หรือสีน้ำตาลระหว่างเส้นใบ หากรุนแรงจะเห็นสีเหลืองซีดทั่วทั้งต้น นอกจากนี้ ใบใบที่เกิดใหม่จะมีขนาดของใบที่เล็กกว่าปกติ ผลผลิตน้ำยางที่ได้จะมีปริมาณต่ำ ขาดคุณภาพ และทำให้การสร้างเปลือกงอกใหม่ช้า (นุชนารถ และคณะ, 2547; Shorrocks, 1964) ต้นยางพาราจะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชที่ใส่ลงในดินอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และถ้าในใบมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าร้อยละ 1.35 จึงจะเพียงพอต่อความต้องการ (นุชนารถ, 2550 ก) ดังนั้น ในดินที่มีโพแทสเซียมต่ำ จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทชเพื่อการเจริญเติบโต และไม่ให้ผลผลิตลดลง โดยการใส่ปุ๋ยอัตราใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อดิน และอายุของต้นยาง มีการรายงานว่า การใส่ปุ๋ยโพแทชในระดับ 180 กรัม  $\text{K}_2\text{O}$  ต่อต้นต่อปี เป็นปริมาณที่เพียงพอต่อยางพาราในช่วงหลังเปิดกรีด และการเพิ่มปริมาณปุ๋ย



โพแทสเซียมเป็น 240 หรือ 300 กรัม  $K_2O$  ต่อตันต่อปี พบว่า ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (นุชนารถ, 2550 ข)

### รูปของโพแทสเซียมในดินและความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียม

โพแทสเซียมในดินมีทั้งรูปที่เป็นไอออนซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ และรูปที่เป็นองค์ประกอบของแร่ต่างๆ ในดินซึ่งพืชดูดไปใช้ไม่ได้ โดยทั่วไปสามารถแบ่งรูปโพแทสเซียมในดินออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

**รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไม่ได้ทันที (relative unavailable form)** โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งได้แก่โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปองค์ประกอบของหิน แร่ และแร่ดินเหนียว โดยโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของแร่ต่างๆ ได้แก่ แร่เฟลด์สปาร์ (feldspar) แร่ไมกา (mica) และแร่อิลไลต์ (illite) เป็นต้น เมื่อโพแทสเซียมในส่วนของแร่ปฐมภูมิ หรือแร่ดินเหนียวมีการผุพังสลายตัวก็จะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาสู่ดิน โดยโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นองค์ประกอบของหินและแร่ในดินมีปริมาณถึง 90-98 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่มีในดิน หรือเท่ากับ 13,613.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Bedrossian and Singh, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับ Havlin และคณะ (2005) ที่ได้รายงานปริมาณของโพแทสเซียมในรูปนี้ในดินทั่วๆ ไปว่า มีปริมาณ 5,000-25,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปนี้มีปริมาณที่สูง แต่ก็ไม่ได้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

**รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ (slowly available form)** โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (fixed potassium) โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นรูปที่ถูกตรึงอยู่บริเวณระหว่างชั้นของแร่ดินเหนียว (clay layer) โดยในแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เช่น อิลไลต์ (illite) มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) และเวอร์มิคิวไลต์ (vermiculite) จะมีพื้นที่ระหว่างผลึกในปริมาณที่สูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 ดังนั้น เมื่อมีการเกิดประจุลบในโครงสร้างอันเนื่องมาจากการแทนที่ของแคตไอออน จึงส่งผลให้มีความสามารถในการตรึงแคตไอออนต่างๆ ได้สูง โพแทสเซียมในรูปนี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืชก็ต่อเมื่อถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อในสภาวะที่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณลดน้อยลง ได้มีรายงานถึงปริมาณของโพแทสเซียมในรูปนี้ว่า มีอยู่ในดินประมาณ 164 - 1,981 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือประมาณ 1-10 เปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Bedrossian and Singh, 2004)

Benipal และ Pasricha (2002) ได้ทดลองศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพา (alluvial soil) จำนวน 12 ตัวอย่าง จากบริเวณ Indo-Gangetic จำนวน 3 บริเวณ คือ บริเวณ Submontaneous, Central plain และ Southwestern จากการวิเคราะห์สมบัติทางแร่ในดิน พบว่า ในดิน Submontaneous, Central plain และ Southwestern มี

ปริมาณแร่ซิลิเกตซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในดินเท่ากับ 60-70, 46-69 และ 4-11 เปอร์เซ็นต์ของแร่ดินเหนียวทั้งหมด ตามลำดับ จึงส่งผลให้ในดินทั้งสามที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้แตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 277.8, 179.2 และ 524.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้น แม้ในดินจะมีปริมาณโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ แต่โพแทสเซียมส่วนหนึ่งที่อยู่ในรูปอื่น ๆ เช่น โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของหินและแร่ หรือโพแทสเซียมที่ถูกตรึงก็จะถูกปลดปล่อยออกมาสู่ดินให้พืชดูดไปใช้ได้

**รูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที (readily available form)** โพแทสเซียมในรูปนี้ประกอบด้วยโพแทสเซียมในรูปสารละลายดิน (soluble K) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) โดยโพแทสเซียมทั้งสองรูปนี้เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งในดินโดยทั่วไปมีประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ (Brady and Weil, 2008) ดังนั้น หากในดินมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ก็จะส่งผลให้พืชขาดธาตุโพแทสเซียมได้ ในดินเขตร้อนที่มีสภาพฝนตกชุก เช่น ในประเทศไทย จะพบว่า โพแทสเซียมในดินที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จะมีการสูญเสียออกไปจากดินได้ง่าย เนื่องจากถูกกระบวนการชะละลายโดยน้ำออกไปจากพื้นที่ ส่งผลให้ดินส่วนใหญ่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ Phetchawee และคณะ. (1985) ได้รายงานถึงปริมาณของโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ของดินที่ตอนในภาคต่างๆ ของประเทศไทย คือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงใต้ ภาคเหนือ และภาคใต้ ว่ามีปริมาณของโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์เพียง 22 - 441, 40 - 302, 22 - 113, 28-114 และ 91-361 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โพแทสเซียมในส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันทีแบ่งออกได้เป็น 2 รูป คือ

โพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับอยู่บริเวณผิวคอลลอยด์ดิน ปริมาณของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของเนื้อดิน โดยดินเนื้อละเอียดจะมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าดินเนื้อหยาบ ทั้งนี้ เนื่องจากในดินเนื้อละเอียดส่วนใหญ่จะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ซึ่งสามารถดูดซับโพแทสเซียมไอออน ( $K^+$ ) ไว้ได้ดีกว่าดินเนื้อหยาบ ปกติโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จะอยู่ในสภาวะที่สมดุลกับโพแทสเซียมที่อยู่ในส่วนสารละลายดิน ซึ่งพบว่า มีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Bedrossian and Singh, 2004) จากการสำรวจดินในประเทศไทยพบว่า ในภาคใต้ และภาคตะวันออกมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในภาคกลาง และภาคเหนือมีค่าสูงกว่า 90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (นวลศรี และคณะ, 2543)

โพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นรูปที่ละลายได้ในน้ำและพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที โดยพืชจะดูดโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมไอออน ( $K^+$ ) ดังนั้น โพแทสเซียมในดินควรมีอยู่ในดินที่ระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ในดินทั่วๆ

ไป พบว่า มีปริมาณโพแทสเซียมในรูปนี้้อยู่ระหว่าง 10-60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Tisdale *et al.*, 1993) ซึ่งโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปนี้จะค่อยๆ ลดลงเนื่องจากการดูดกินของพืช Benipal และ Pasricha (2002) ได้กล่าวถึงปริมาณของโพแทสเซียมในดินที่มีการปลูกพืช พบว่า มีการลดลงถึง 19 - 42 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณที่มีอยู่เดิม อย่างไรก็ตาม หากโพแทสเซียมในส่วนนี้ลดน้อยลงก็สามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในรูปนี้ได้ โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แต่หากไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไป โพแทสเซียมในรูปที่สามารถแลกเปลี่ยนได้จะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมส่วนหนึ่งออกมาเพื่อรักษาสมดุลของโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปสารละลายดิน (Cope, 1981) แต่ความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมนั้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของดินในการรักษาระดับของโพแทสเซียมในดินด้วย (Wang *et al.*, 2004) โดยที่ Brady และ Weil (2008) ได้รายงานถึงการปลดปล่อยของโพแทสเซียมในดินจากเมือง Mississippi พบว่า มีโพแทสเซียมถูกปลดปล่อยออกจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ออกมาสู่ส่วนสารละลายดินร้อยละ 24-33

ทิมทอง และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษารูปของโพแทสเซียมในดินอันดับออกซิซอลล์และอัลทิซอลล์ที่ดอน ซึ่งเป็นอันดับดินหลักที่พบในภาคใต้ของประเทศไทย จำนวน 19 ชุดดินเพื่อประเมินสถานะ และสมดุลของโพแทสเซียมในรูปต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณของโพแทสเซียมในดิน 4 รูป คือ โพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่ถูกตรึง และโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน พบว่า ในดินอันดับออกซิซอลล์มีปริมาณค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมในสารละลายดินเท่ากับ 0.08 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.16 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม โพแทสเซียมที่ถูกตรึง 0.08 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 7.7 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม ส่วนดินในอันดับอัลทิซอลล์มีปริมาณค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมในสารละลายดินเท่ากับ 0.12 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.05 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม โพแทสเซียมที่ถูกตรึง 0.12 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 9.6 เซนติโมลประจูดอกิโลกรัม เมื่อพิจารณาปริมาณของโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอันดับออกซิซอลล์ และอัลทิซอลล์ พบว่า มีเพียงร้อยละ 2.12 และ 0.52 ตามลำดับ และเมื่อได้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ของโพแทสเซียมในรูปสารละลายดินกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้พบว่า ในดินอันดับออกซิซอลล์มีค่าเท่ากับ 0.81 และ 0.30 ส่วนในดินอันดับอัลทิซอลล์มีค่าเท่ากับ 0.78 และ 0.13 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แต่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในสารละลายดินกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดังนั้น ในอันดับออกซิซอลล์ และอัลทิซอลล์ หากมีการปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลาอันยาวนานโดยปราศจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปเพิ่มเติม พืชก็จะดูดโพแทสเซียมไปใช้ทำให้โพแทสเซียมในดินลดลงจนส่งผลให้พืชขาดธาตุโพแทสเซียมได้

### ความต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียมในสารละลายดิน

โพแทสเซียมในดินถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไม่ได้ทันที ส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ และส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที โพแทสเซียมทั้ง 3 ส่วนอยู่ในสภาวะสมดุลแบบเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ (dynamic equilibrium) เมื่อมีการปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้โพแทสเซียมในสารละลายดินลดลง ได้ศึกษาปริมาณโพแทสเซียมในดินที่ยังไม่มีการเพาะปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีการเพาะปลูกพืชเป็นเวลานานพบว่า ในดินที่มีการปลูกพืชเป็นระยะเวลานานๆ จะมีปริมาณโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปสารละลายดิน และโพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงร้อยละ 55 และ 45 ตามลำดับ ดังนั้น หากมีการปลูกพืชโดยขาดการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมก็จะส่งผลให้พืชขาดธาตุโพแทสเซียมได้ (Samadi *et al.*, 2008) นอกจากนี้ มีรายงานถึงการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินว่า ทำให้ส่วนของโพแทสเซียมในสารละลายดินเพิ่มขึ้นอย่างมาก โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปสารละลายดินส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนไปอยู่ในส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ และเปลี่ยนเป็นส่วนที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (Brady and Weil, 2008) โดยกลไกที่สำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการตรึงโพแทสเซียมในดิน ได้แก่ การที่โพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ หรือรูปที่อยู่ในสารละลายดินเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เมื่อช่องว่างระหว่างผลึกยุบตัวลง เนื่องจากกระบวนการแห้ง-เปียกของดิน จึงส่งผลให้โพแทสเซียมถูกกักอยู่บริเวณแร่ดินเหนียว ในทางตรงกันข้าม เมื่อมีโพแทสเซียมในส่วนของสารละลายดินลดลงเนื่องจากการดูดกินของพืช หรือสูญเสียไปโดยการชะละลาย และไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปชดเชย โพแทสเซียมในส่วนที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ก็จะมี การปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาสู่โพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ และในสารละลายดินเพื่อชดเชย และก่อให้เกิดความสมดุลของโพแทสเซียมในดิน (Benipal and Pasricha, 2002; Wang *et al.*, 2004) โดยกลไกการปลดปล่อยโพแทสเซียมเริ่มจากการที่ช่องว่างระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียวเปิดออก ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างแคตไอออน ทั้งที่อยู่ในสารละลายดิน และอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ จึงส่งผลให้โพแทสเซียมหลุดออกมาอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ และรูปที่อยู่ในสารละลายดินเพิ่มขึ้น การเปิดอ้าของช่องว่างระหว่างผลึกแร่ดินเหนียวมีสาเหตุจากการที่ดินได้รับความชื้น และเกิดการแห้งสลับกัน ทำให้เกิดการพองตัว และหดตัวของแร่ดินเหนียว ความสามารถของดินที่จะรักษาปริมาณโพแทสเซียมให้อยู่ในระดับเดิมนั้น เรียกว่า ความต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียม หรือความจุฟเฟออร์ของโพแทสเซียมในดิน (potassium buffering capacity)

ปัจจัยที่ควบคุมความจุฟเฟออร์ของโพแทสเซียม คือ ปัจจัยทางด้านปริมาณของธาตุอาหารทั้งหมดในดิน (quantity; Q) และปัจจัยทางด้านความเข้มข้น (intensity; I) หรือความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมี (activity) ของไอออนโพแทสเซียมในสารละลายดิน โดยสัดส่วน Q/I จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถของดินที่จะรักษาปริมาณของโพแทสเซียมในสารละลายดิน ถ้าค่าสัดส่วน Q/I มีค่าสูง แสดงว่า ดินมีความสามารถในการรักษาระดับของ

โพแทสเซียมในดินได้ดี อย่างไรก็ตาม ความสามารถของดินที่จะรักษาปริมาณโพแทสเซียมยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ พีเอช ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณของอนุภาคดินเหนียว (Wang *et al.*, 2004) ซึ่งประโยชน์ของการศึกษาความสามารถของดินที่จะรักษาปริมาณโพแทสเซียมให้อยู่ในระดับที่สม่ำเสมอสามารถนำมาใช้เพื่อวางแผนการคาดคะเนความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียม เพื่อให้มีโพแทสเซียมในดินเพียงพอ และตรงตามปริมาณความต้องการของพืช

Nilawonk และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ไปสู่รูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชในดินปลูกข้าวโพด ที่มีแร่ดินเหนียวชนิดเคโอลิไนต์ (kaolinite) และสเมคไทต์ (smectite) เป็นองค์ประกอบหลักในอนุภาคขนาดดินเหนียว พบว่า ในดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบหลักมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาสู่รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเท่ากับ 48-91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมคไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก มีการปลดปล่อยมากกว่า คือ เท่ากับ 163-225 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ ยังพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์สู่รูปที่เป็นประโยชน์นั้น คือ ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว และปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน

สาริตา (2552) ได้ทำการศึกษาสัมประสิทธิ์การต้านทานการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมในดิน (buffer coefficient for Potassium;  $BC_K$ ) ซึ่งสามารถหาได้จากการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน กับปริมาณของโพแทสเซียมที่เติมลงไป ในดิน โดยทำการศึกษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทำการศึกษาทั้ง 10 ชุดดิน ซึ่งเก็บมาจากแปลงของเกษตรกร นำดินที่ได้มาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มดินที่มีแร่ดินเหนียวสเมคไทต์เด่น ได้แก่ ชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์ สมอทอง และสบปราบ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิดเคโอลิไนต์เด่น ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวที่พบได้ในดินทั่วไปของประเทศไทย ได้แก่ ชุดดินปากช่อง ภูสะนา วาริน และสตึก ทำการศึกษาโดยนำดินดังกล่าวมาผสมกับโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $KH_2PO_4$ ) โดยกลุ่มดินที่ 1 ผสมในอัตรา 0, 40, 80, 120 และ 160 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัม ส่วนกลุ่มดินที่ 2 ผสมในอัตรา 0, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัม แล้วเติมน้ำจนดินมีความชื้นในระดับความจุสนาม (FC) บ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดนำดินมาสกัดโพแทสเซียมโดยใช้น้ำยามิลิช 1 (Mehlich 1) และนำไปวิเคราะห์โพแทสเซียม จากนั้นจึงคำนวณหาค่า  $BC_K$  พบว่า ชุดดินชัยบาดาล ตาคลี ลพบุรี ลำนารายณ์ สมอทอง สบปราบ ปากช่อง ภูสะนา วาริน และสตึก มีค่า  $BC_K$  เท่ากับ 0.29, 0.24, 0.23, 0.23, 0.49, 0.44, 0.53, 0.62, 0.63 และ 0.60 ตามลำดับ โดยหากค่า  $BC_K$  ใกล้เคียง 1 แสดงว่า ดินมีความสามารถในการดูดซับโพแทสเซียมต่ำ ดินที่มีค่า  $BC_K$  ต่ำนั้นโดยทั่วไปเป็นดินที่แร่ดินเหนียวในดินส่วนใหญ่เป็นชนิดเคโอลิไนต์ ดินมีปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ

ดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิดเคโอลิไนต์ดินมีปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 เป็นแร่ดินเหนียวที่มีช่องว่างระหว่างผลึก (inter layer) ต่ำ และมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้น้อย ยิ่งไปกว่านั้นในสภาพที่ดินมีพีเอชต่ำ ก็จะทำให้ส่งผลให้  $Fe^{3+}$  และ  $Al^{3+}$  ในสารละลายดินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแคตไอออนดังกล่าวจะไปไล่ที่โพแทสเซียมไอออนที่ถูกดูดซับบริเวณผิวคอลลอยด์ดินให้ออกมาในสารละลายดิน ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับต่ำ อย่างไรก็ตาม สำหรับในประเทศไทยซึ่งมีปริมาณฝนตกชุก โพแทสเซียมในสารละลายดินหากมีในปริมาณสูงอาจเกิดการสูญเสียออกไปจากพื้นที่โดยเปล่าประโยชน์ได้ง่าย

Wang และคณะ (2004) ได้ทำการประเมินความต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียมในดิน 3 ที่จากเมือง Crowley, Dundee และ Norwood ซึ่งเก็บที่ระดับความลึก 0-15, 15-30 และ 30-45 เซนติเมตร มาทำการทดลอง ตัวอย่างดินดังกล่าวผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนการทดลอง โดยพบว่า ดินทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณร้อยละของอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นมอนต์มอริลโลไนต์ จากนั้นนำดิน 2.5 กรัมมาวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินเดิม หลังจากนั้นทำการเติมกรดไนตริก ( $KNO_3$ ) ให้มีความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.5 และ 5.0 มิลลิโมลาร์ ลงไปในดิน เขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นสกัดโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินโดยใช้แอมโมเนียมอะซิเตต ( $NH_4OAc$ ) แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณโพแทสเซียม ผลการทดลองพบว่า ในดิน Crowley, Dundee และ Norwood มีปริมาณการดูดซับโพแทสเซียมในดินเท่ากับ 0.19, 0.17 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า ดิน Crowley, Dundee และ Norwood มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินเมื่อในสารละลายดินมีปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่า 0.005, 0.01 และ 0.004 โมลต่อลิตร โดยสาเหตุดังกล่าวมีอิทธิพลมาจากการมีปริมาณร้อยละของอนุภาคดินเหนียวที่แตกต่างกัน โดยดินเหนียวเป็นดินที่มีประจุไฟฟ้าโดยสุทธิเป็นลบ ดังนั้น หากดินมีปริมาณร้อยละของอนุภาคดินเหนียวสูงก็จะสามารถดูดซับแคตไอออนไว้ได้ดี จึงส่งผลให้มีการรักษาระดับปริมาณของโพแทสเซียมในดิน

### การประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียม

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ คือ โพแทสเซียมไอออนในสารละลายดินกับที่ถูกดูดซับโดยคอลลอยด์ดิน การประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน เป็นการทดสอบหาปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ โดยปกติแล้วจะทำการประเมินโพแทสเซียมในดินในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ การหาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดินไม่สามารถใช้เป็นค่าบ่งชี้สถานะของระดับความเพียงพอต่อความต้องการของพืชได้ เนื่องจากมีอยู่ในดินจริงแต่เป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช สำหรับในประเทศไทยแล้ววิธีที่นิยมโดยทั่วไปในการ

ประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินจะใช้การสกัดโพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้โดยใช้วิธีการสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซีเตต 1 โมลาร์ (1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก (Aramrak *et al.*, 2007) หลังจากนั้นจึงนำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณของโพแทสเซียมโดยใช้เครื่อง Flame Photometer หรือ Atomic Absorption Spectrophotometer ) วิธีนี้จะรวมโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดินกับรูปที่แลกเปลี่ยนได้ และถ้าสนใจเฉพาะรูปที่แลกเปลี่ยนได้ก็ประเมินจากโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยแอมโมเนียมอะซีเตตหักลบด้วยโพแทสเซียมที่สกัดด้วยน้ำ โดยพบว่า โพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยวิธีนี้เหมาะสมที่จะใช้ประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมกับพืชในดินที่มีแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นเคโอลิไนต์ แต่สำหรับ ดินที่มีแร่ดินเหนียวสมคไทต์เด่น จำเป็นต้องวิเคราะห์โพแทสเซียมที่สกัดได้รวมกับโพแทสเซียมที่สกัดโดยใช้ Ca-resin (Nilawonk *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตาม หากต้องการทดสอบหาปริมาณโพแทสเซียมในรูปอื่นๆ เช่นโพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมทั้งหมดในดินเพื่อศึกษาสถานะของโพแทสเซียมในดินก็สามารถทำได้ตามวิธีการของ Helmke และ Sparks (1996)

### ปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และดินโดยทั่วไปมีโพแทสเซียมไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แม้ในดินจะมีโพแทสเซียมทั้งหมดสูงแต่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์กับพืชมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง ดังนี้

**ชนิดของแร่ดินเหนียว** แร่ดินเหนียวในดินโดยทั่วไปที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ แร่ดินเหนียวชนิด 1:1 และแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 โดยในแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เช่น อิลไลต์ มอนต์-มอริลโลไนต์ และเวอร์มิคิวไลต์ จะมีระยะระหว่างผลึกในปริมาณที่สูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 โดยขนาดช่องว่างระหว่างชั้นผลึกของสมคไทต์ เวอร์มิคิวไลต์ และเคโอลิไนต์ มีขนาด 1.0-2.0, 1.0-1.5 และ 0.72 นาโนเมตรตามลำดับ (Brady and Weil , 2008) ดังนั้น จึงส่งผลให้พื้นที่ของแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 มีความสามารถดูดซับโพแทสเซียมได้มาก นอกจากนั้น ดินเหนียวโดยทั่วไปมีประจุไฟฟ้าโดยสุทธิเป็นลบ โดยในแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 มีประจุไฟฟ้าลบมากกว่า จึงส่งผลให้เกิดประจุบวขึ้นแคตไอออนทั้งหลายจึงถูกดูดซับบริเวณผิวคอลลอยด์ และในระหว่างชั้นได้สูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิด 1:1

**พีเอชของดิน** ในสภาพดินกรด แคตไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมไอออน ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) ดังนั้น โอกาสที่โพแทสเซียมไอออน ( $\text{K}^+$ ) ในสารละลายดินที่เกิดจากการใส่ปุ๋ย จะเข้าไปใส่ที่ไอออน  $\text{H}^+$  และ  $\text{Al}^{3+}$  ในส่วนที่ถูกดูดซับนั้นทำได้ยาก เนื่องจากโพแทสเซียมมีความสามารถในการถูกไล่ที่ได้ง่ายกว่า หรือความเหนียวแน่นใน

การถูกดูดซับที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่า โดยลำดับความยากง่ายในการไล่ที่ คือ  $Al^{3+} = H^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ = NH_4^+ > Na^+$  (Troeh and Thompson, 2005) ดังนั้น โปแทสเซียมไอออนจึงมีโอกาสในการสูญเสียไปได้ง่ายโดยกระบวนการชะละลายสูง จึงเป็นสาเหตุทำให้ดินกรดโดยทั่วไปมีปริมาณโปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ต่ำ

**ระดับของโปแทสเซียมในดิน** ดินที่มีค่าวิเคราะห์โปแทสเซียมในดินต่ำ จะพบว่าพืชดูดกินโปแทสเซียมจากดินได้ในปริมาณที่น้อย ดังนั้น จึงต้องมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มระดับของโปแทสเซียมในดินให้สูงขึ้น สุณีย์ และคณะ (2540) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยโปแทสเซียมในอัตราความเข้มข้นต่างๆ ในดินปลูกปาล์มน้ำมัน แล้วเก็บตัวอย่างใบมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร พบว่า ปริมาณโปแทสเซียมในใบปาล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยโปแทสเซียมที่ใส่ลงไป ซึ่งสอดคล้องกับ Oik และ Cassman (1993) ที่ได้ใส่ปุ๋ยโปแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราต่างๆ ในดินปลูกฝ้าย แล้วพบว่า ผลผลิตของฝ้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยโปแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินยังช่วยยกระดับของโปแทสเซียมในดินมีในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช และช่วยให้ยางพารามีผลผลิตเพิ่มขึ้น (นุชนารถ และคณะ, 2551)

**การระบายอากาศในดิน** ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการหายใจของรากพืช ในสภาพที่ดินมีสภาพน้ำขังหรือมีความชื้นสูงจนไม่มีช่องว่างที่จะให้อากาศบรรจุอยู่ จะส่งผลให้พืชไม่สามารถจะดึงดูดเอาโปแทสเซียมไอออนและธาตุอาหารอื่นๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ระเบียบและอิมรอม (2553) ได้รายงานถึงผลของการปลูกยางในที่ลุ่มซึ่งมีข้อจำกัดในการระบายน้ำและอากาศในดินว่า การระบายน้ำมีผลการเจริญเติบโตของยางพารา โดยพบว่า ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มจะมีปริมาณรีดิวซ์ไทออลในน้ำยาง เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง น้ำหนักสดต้น เส้นรอบวงของลำต้น ความยาวราก และปริมาณธาตุอาหารในใบ ได้แก่ ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม และแมกนีเซียม ต่ำกว่าในต้นยางพาราที่ปลูกในที่ดอน ซึ่งจะส่งผลกระทบให้การเจริญเติบโตตลอดจนผลผลิตที่ได้ต่ำ

**การเปียกและแห้งของดิน** การทำให้ดินเปียกเปลี่ยนเป็นดินแห้ง อาจจะทำให้มีโปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ทั้งนี้ ก็ขึ้นอยู่กับว่าดินอยู่ในสภาพที่ปลดปล่อยหรือตรึงโปแทสเซียม เช่น ในกรณีดินกำลังปลดปล่อยโปแทสเซียม และมีการปลูกพืชในดินเปียกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยโปแทสเซียมให้กับดิน หากดินมีปริมาณโปแทสเซียมในส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณต่ำ การทำให้ดินเปียกเปลี่ยนเป็นดินแห้งจะทำให้เกิดการปลดปล่อยโปแทสเซียม และทำให้มีปริมาณโปแทสเซียมในสารละลายดินเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากดินกำลังตรึงโปแทสเซียม เช่น มีการใส่ปุ๋ยโปแทสเซียมลงไปในดิน ทำให้ดินมีปริมาณของโปแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น ดังนั้น ดินจึงมีการรักษาสมดุลโดยการทำให้โปแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีการเปลี่ยนแปลงสู่โปแทสเซียมในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Troeh and Thompson, 2005) การทำให้ดินแห้งหลังการใส่ปุ๋ยโปแทสเซียม จะมี



ผลให้การตรึงโพแทสเซียมมีมากกว่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมให้แก่ดิน (เกษมศรี, 2542) นอกจากนี้ การทำให้ดินเปียกและแห้งสลับกันยังเป็นการช่วยเร่งให้มีการปลดปล่อย หรือตรึงโพแทสเซียมได้เร็วขึ้น

**ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม** Troeh และ Thompson (2005) ได้รายงานถึงดินที่มีแร่ดินเหนียวกลุ่มสมคไทต์เด่นว่า ในช่องว่างระหว่างผลึกจะประกอบไปด้วยร้อยละของแคลเซียม 75-85 แมกนีเซียม 12-18 และโพแทสเซียม 1-3 ของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ โดยพบว่ามีสัดส่วนของแคลเซียมกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 50:1 หรืออาจกว้างถึง 100:1 และมีสัดส่วนของแมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมเท่ากับ 4:1 ถึง 6:1 แต่ในสารละลายดินจะพบสัดส่วนของแคลเซียมกับโพแทสเซียมที่ 5:1 ในขณะที่แร่ดินเหนียวชนิดเคโอลิไนต์ พบว่าโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของแคลเซียมต่อแมกนีเซียมที่แคบกว่าดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิดสมคไทต์ โดยมีแคลเซียมประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 6 เปอร์เซ็นต์ของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ จากข้อมูลจะพบว่า สัดส่วนของแคลเซียมต่อโพแทสเซียมอยู่ที่ 13:1 และสัดส่วนของแมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมจะอยู่ที่ 2:1 นอกจากนี้ Tisdale และคณะ (1993) ได้รายงานถึงสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินที่ปลูกพืชยืนต้นว่า ควรมีสัดส่วนน้อยกว่า 5:1 สำหรับพืชผักควรมีสัดส่วน 3:1 และในไม้ผลควรอยู่ที่ 2:1 โดยปกติแล้วแคลเซียม และแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เป็นอันตรกิริยา (interaction) กับโพแทสเซียม กล่าวคือ เมื่อในสารละลายดินมีปริมาณแคลเซียม หรือแมกนีเซียมอยู่สูง จะทำให้พืชดูดใช้โพแทสเซียมในดินได้น้อยลง ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการแข่งขันในการถูกดึงดูดเข้าสู่รากพืช (ยงยุทธ, 2552)

นุชนารถ และคณะ (2541ข) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยโพแทช และแมกนีเซียมในอัตราต่างๆ ในดินที่ปลูกยางพารา พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่สูงขึ้น ยางพาราดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมได้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยโพแทชในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น แต่พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมในใบปาล์ม น้ำมันลดลง (สุนีย์ และคณะ, 2540) โดยอาจเกิดมาจากสภาวะอันตรกิริยาของธาตุทั้งสอง เมื่อมีแคตไอออนตัวใดมากจึงขัดขวางการดูด และเคลื่อนย้ายแคตไอออนตัวอื่น (ยงยุทธ, 2552) นอกจากนี้ ยังพบว่า ในใบลองกองที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงจะทำให้มีความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำ โดยพบสหสัมพันธ์ของแคลเซียมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมกับโพแทสเซียม เท่ากับ - 0.54 และ - 0.67 ตามลำดับ (จำเป็น และคณะ, 2550)

### บทที่ 3

#### สัณฐานวิทยาสนาม สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินปลูกยางพารา ในพื้นที่นาร้างและที่ดอน

##### คำนำ

สัณฐานของดินเป็นลักษณะต่าง ๆ ในดิน ซึ่งเป็นผลจากปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่ควบคุมการ  
สร้างตัวและพัฒนาลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในดิน ทำให้ดินที่เกิดขึ้นมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน  
ออกไป (เอิบ, 2548; Buol *et al.*, 2003) ดินส่วนใหญ่ของประเทศไทยจึงเป็นดินที่มีลักษณะเด่นเป็น  
ดินเขตร้อน (Van Wambeke, 1991) ที่มีพัฒนาการสูง โดยเฉพาะดินในภาคใต้ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพที่  
มีฝนตกค่อนข้างสม่ำเสมอ มีการชะละลายสูง ทำให้ดินส่วนใหญ่ทั้งในสภาพที่ลุ่มและที่ดอนมีความ  
อุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีศักยภาพไม่แตกต่างกันมากนักในการใช้ทางการเกษตร (เอิบ, 2533)

พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 67 ของพื้นที่ปลูกยางพาราใน  
ประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) โดยส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณพื้นที่ดอน ปัจจุบันพื้นที่  
ปลูกยางพารามีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารามี  
จำกัด ทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปในพื้นที่ลุ่มนาร้าง ซึ่งมีปัจจัยสภาพแวดล้อมทางดินที่  
ไม่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา (นุชนารถ, 2552) จึงจำเป็นต้องมีการจัดการสวนยางที่ถูกต้อง  
ตามลักษณะดินและสภาพแวดล้อมของดิน

การศึกษาลักษณะสัณฐานของดินทำให้เข้าใจสภาพแวดล้อมของดินและคุณสมบัติที่เด่น  
ที่สุดของดิน ซึ่งมีประโยชน์ทั้งในด้านการเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของดินแต่ละชนิด  
สำหรับนำมาเป็นข้อพิจารณาปัญหาหรือข้อจำกัด และความเหมาะสมของดินต่อการใช้ประโยชน์  
และกำหนดแนวทางการจัดการดินที่เหมาะสมกับชนิดของดิน ดังนั้น จึงศึกษาสภาพแวดล้อมเชิง  
พื้นที่ ลักษณะสัณฐาน และสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินปลูกยางพาราในสภาพที่ดอนและที่  
ลุ่ม เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ และความเหมาะสมของดินปลูกยางพาราในสภาพที่ดอนและที่  
ลุ่ม สำหรับเป็นแนวทางในการจัดการดิน ผลจากการศึกษาลักษณะทางสัณฐาน และสมบัติทาง  
กายภาพ และเคมีของดินปลูกยางพาราจึงเป็นข้อมูลดินพื้นฐานที่สำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ใน  
ด้านการพิจารณาการใช้พื้นที่ลุ่มสำหรับปลูกยางพารา ตลอดจนการจัดการดินให้เหมาะสมกับความ  
ต้องการของยางพาราตามสภาพพื้นที่และสมบัติของดิน

## วิธีการศึกษา

### พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในอำเภอคลองหอยโข่ง นาทวี และรัตภูมิ จังหวัดสงขลา มีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoonal climate, Am) ตามระบบการจำแนกของเคิปเปิน (Peel *et al.*, 2007) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2555-2540 เท่ากับ 1,250-1,619 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 38 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) ทำการศึกษาลักษณะดินในสภาพที่ดอนและที่ลุ่ม (พื้นที่นาร้าง) ในสภาพที่ลุ่มแบ่งย่อยเป็น แปลงที่ลุ่มได้ผลดี และแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี โดยพิจารณาการเจริญเติบโต ขนาดเส้นรอบวงลำต้น และผลผลิตน้ำยางที่ได้รับ และมีทั้งแปลงในระยะก่อนเปิดกรีด อายุ 3-5 ปี และแปลงหลังเปิดกรีด อายุ 7-9 ปี อย่างละ 1 แปลง ทำ 3 ซ้ำ โดยใช้อำเภอละ 1 ซ้ำ ประกอบด้วยอำเภอคลองหอยโข่ง นาทวี และรัตภูมิ รวมทั้งหมด 18 แปลง (ตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1)

### การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดิน

ศึกษาข้อมูลดินพื้นฐานโดยใช้แผนที่ดินจังหวัดสงขลา มาตรฐาน 1:100,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2516) และแผนที่ภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร (กรมแผนที่ทหาร, 2540) ในบริเวณที่ทำการศึกษา ทำการศึกษาลักษณะและสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ของบริเวณตัวแทนที่ใช้เก็บตัวอย่างดิน เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ดินที่ทำการศึกษา

ลักษณะสัณฐานวิทยาของดิน ศึกษาโดยทำการขุดหลุมด้วยพลั่วสนามและเจาะดินด้วยสว่านเจาะดินแบบกระบอก นำตัวอย่างดินมาวางเรียงต่อเนื่องกันตามระดับความลึกของหน้าตัดดิน ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0-1.50 เมตรจากผิวหน้าดิน เพื่อศึกษาลักษณะการจัดเรียงตัวของชั้นดินในหน้าตัดดิน จากชั้นดินบนถึงชั้นดินล่าง ทำการแจกแจงชั้นดินในสนามและคำอธิบายหน้าตัดดินตามชั้นกำเนิดดิน ตามวิธีการศึกษาสัณฐานวิทยาของดินในภาคสนาม (เอิบ, 2547)

เก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดิน สำหรับวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ โดยสมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมโดยวิธี core method (Blake and Hartge, 1986) สภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยวิธี variable head method (Klute and Dirksen, 1986) และการแจกกระจายของอนุภาคดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Gee and Bauder, 1986) และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำป๋เป็น และจักรกฤษณ์, 2555) ประกอบด้วย ปฏิบัติการ

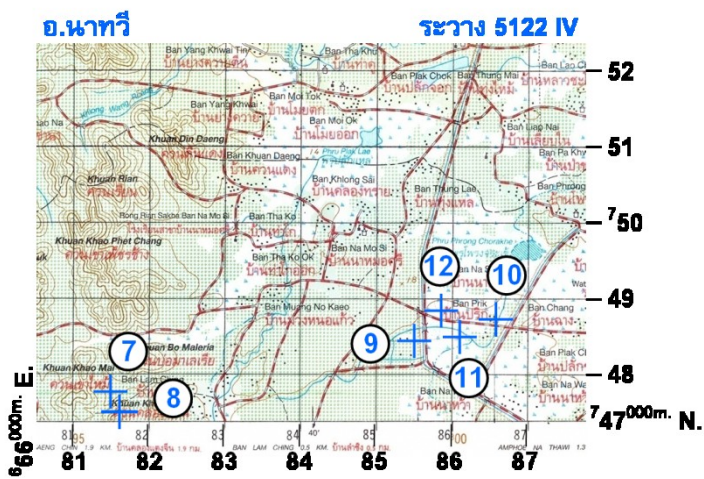
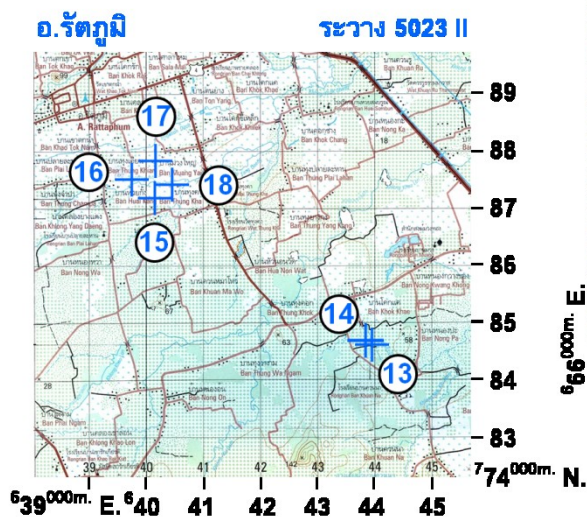
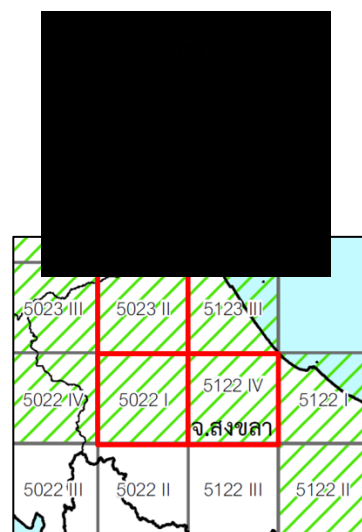
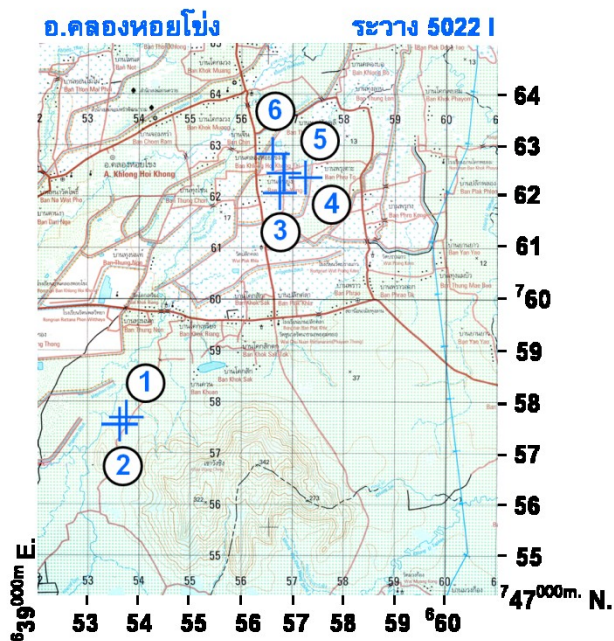
ดิน (pH) ในอัตราส่วนของดินต่อน้ำและดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1: 1 โดยใช้พีเอชมิเตอร์ สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินในอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 โดยใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุ (OM) คำนวณจากการวิเคราะห์คาร์บอนอินทรีย์โดยวิธี Walkley and Black ไนโตรเจนรวม (Total N) โดยวิธี Kjeldahl ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) โดยวิธี Bray II เบสที่สกัดได้ (Ca, Mg, Na, K) โดยสกัดด้วย 1M NH<sub>4</sub>OAc pH 7 แล้ววัดปริมาณด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer กรดที่สกัดได้ (EA) โดยสกัดด้วย 1 M KCl และวิเคราะห์โดยวิธี ไทเทรต ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) โดยการสกัดด้วยสารละลาย 1 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 และแทนที่แอมโมเนียมไอออน ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในสภาพเป็นกรด กลั่นหา แอมโมเนียมไอออน และอัตราร้อยละความอิมตัวเบส (BS) โดยคำนวณจากค่าของปริมาณเบสที่สกัดได้และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน


#### **การประเมินความอุดมสมบูรณ์ และความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกยางพารา**

ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลดินด้านลักษณะสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และสัญญาณ วิทยา และสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ระดับความ ลึก 0-50 เซนติเมตร และประเมินความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกยางพารา โดยใช้ช่วงควบคุม ดินภายในระดับความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ตามหลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543)

ตารางที่ 3.1 ลักษณะแปลงปลูกยางพาราที่ใช้ศึกษาและเก็บตัวอย่างดิน

สัญลักษณ์แปลง/ ตำแหน่งพิกัด (UTM)	อำเภอ	สภาพพื้นที่	การเจริญเติบโต/ ผลผลิต	ระยะเปิดกรีด
1) KUI 2 47 0653762 E., 0757603 N.	คลองหอยโข่ง (Khlung Hoi Khong)	ที่ดอน (Upland)	-	ก่อน (Immature)
2) KUM 1 47 0653761 E., 0757567 N.			-	หลัง (Mature)
3) KLI 17 47 0656784 E., 0762113 N.		ที่ลุ่ม (Lowland)	ได้ผลดี	ก่อน
4) KLM 26 47 0657222 E., 0762441 N.				หลัง
5) KLI 19 47 0656924 E., 0762420 N.			ได้ผลไม่ดี	ก่อน
6) KLM 21 47 0656824 E., 0762763 N.				หลัง
7) NUI 30 47 0681579 E., 0746722 N.	นาทวี (Na Thawi)	ที่ดอน	-	ก่อน
8) NUM 27 47 0681619 E., 0746512 N.			-	หลัง
9) NLI 7 47 0685580 E., 0747415 N.		ที่ลุ่ม	ได้ผลดี	ก่อน
10) NLM 10 47 0686592 E., 0747707 N.				หลัง
11) NLI 9 47 0686096 E., 0747484 N.			ได้ผลไม่ดี	ก่อน
12) NLM 1 47 0685926 E., 0747806 N.				หลัง
13) RUI 29 47 0643963 E., 0784660 N.	รัตภูมิ (Rattaphum)	ที่ดอน	-	ก่อน
14) RUM 25 47 0643842 E., 0784682 N.			-	หลัง
15) RLI 3 47 0640107 E., 0787150 N.		ที่ลุ่ม	ได้ผลดี	ก่อน
16) RLM 7 47 0639770 E., 0787400 N.				หลัง
17) RLI 9 47 0640137 E., 0787838 N.			ได้ผลไม่ดี	ก่อน
18) RLM 4 47 0640397 E., 0787397 N.				หลัง



 จุดเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 3.1 ระวางแผนที่สภาพภูมิประเทศ แสดงที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา

## ผลการศึกษา

### สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ของดินที่ศึกษา

สภาพแวดล้อมของดินที่ตอน พบว่าอยู่ในสภาพภูมิประเทศตั้งแต่ลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน (ตารางที่ 3.2) มีความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 4-9 ดินมีพัฒนาการอยู่บนภูมิลักษณ์ (landform) 2 ระบบ คือระบบที่ลาดเชิงเขา (NUI 30, NUM 27, RUM 25) ในส่วนของตีนเขา (footslope) และที่ราบลูกคลื่นลอนลาดตกค้าง (residual undulating plain) ทำให้ดินในบริเวณเหล่านี้มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษหินเชิงเขา (colluvium) และวัสดุตกค้าง (residuum) ที่สลายตัวมาจากหินทราย และระบบตะพักลำน้ำ (KUI 2, KUM 1, RUI 29) ของตะกอนน้ำพา (alluvial terrace) โดยพบในส่วนต่ำและสูงของตะพัก และในลักษณะของที่ราบลูกคลื่นลอนลาด ดินทุกบริเวณไม่พบน้ำใต้ดินในช่วงความลึกที่เก็บตัวอย่างดิน ยกเว้นบริเวณ RUI 29 ซึ่งพบว่ามีน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 140 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน

สภาพแวดล้อมของดินที่ลุ่ม พบว่าดินทุกบริเวณอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ราบหรือเกือบราบ มีความลาดชันของผิวหน้าดินอยู่ในช่วงร้อยละ 1-2 และพัฒนาการอยู่บนภูมิลักษณ์ที่เป็นตะพักลำน้ำขั้นต่ำ ทำให้ดินทุกบริเวณมีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพา และบางบริเวณ (RLI 3) ที่เป็นตะพักลำน้ำเหลือจากการกร่อน (erosional terrace) พบว่าในตอนล่างของหน้าตัดดินเป็นวัสดุตกค้าง (residuum) ที่สลายตัวมาจากหินทราย ระดับน้ำใต้ดินในช่วงที่เก็บตัวอย่าง (เดือนตุลาคม) พบว่าอยู่ในช่วงความลึกตั้งแต่ 10 จนถึงลึกกว่า 150 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน โดยแปลงที่ลุ่มได้ผลดีพบน้ำใต้ดินที่ความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดินลงไป ทั้งนี้บริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นกว่า 1 เมตร พบในแปลงก่อนเปิดกรีดบริเวณ KLI 17 และ RLI 3 ส่วนแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดีพบที่ระดับความลึก 10-113 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน โดยบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1 เมตร พบทั้งบริเวณก่อนเปิดกรีด (RLI 9) และหลังเปิดกรีด (NLM 10, RLM 4)

### ลักษณะสัณฐานวิทยาของดินที่ศึกษา

ดินที่ทำการศึกษาทุกบริเวณเป็นดินลึกตั้งแต่ลึกปานกลางถึงลึกมาก (รูปที่ 3.2-3.4 และ ตารางที่ 3.3) ยกเว้นดิน NUI 30 พบว่าเป็นดินตื้น โดยดินในที่ตอนมีพัฒนาการทางหน้าตัดดินส่วนใหญ่เป็นแบบ Ap-Bt ยกเว้นในบริเวณที่เป็นดินตื้น เป็นแบบ Ap-AC เนื่องจากมีชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีชั้นส่วนของหินอยู่ในดินมาก ในบางบริเวณของที่ตอน (RUI 29) มีหน้าตัดดินเป็นแบบ Ap-Btg-BCg ซึ่งตอนล่างของหน้าตัดดินแสดงลักษณะการท่วมขังของน้ำเป็นระยะเวลาอันยาวนานในช่วงหนึ่งของปี สอดคล้องกับการพบว่ามีน้ำใต้ที่ระดับความลึก 140 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ในบริเวณนี้

สำหรับดินในกลุ่ม พบว่าพัฒนาการทางหน้าตัดดินส่วนใหญ่เป็นแบบ Apg-Btg และในบางบริเวณ พบชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินตะกอนน้ำพาในตอนล่าง มีหน้าตัดดินแบบ Apg-Btg-BCg/Cg

ดินทุกบริเวณยกเว้น NUI 30 พบการสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินล่าง (Bt) ที่เคลื่อนย้ายมาสะสมในลักษณะเคลือบ (coat) ตามผนังช่องว่าง (pore wall) รอบหน่วยโครงสร้างดิน (ped) และเป็นดินเหนียวที่เชื่อมอนุภาคแร่ธาตุในลักษณะคล้ายสะพาน (clay bridge) บางบริเวณ (KLI 19, NLM 1) พบการเคลือบอย่างชัดเจนของดินเหนียวร่วมกับออกไซด์ของเหล็ก นอกจากนี้ในบางบริเวณพบการสะสมร่วมกับการสะสมสารเม็ดกลมหรือมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ (Bc ในดิน NLI 7, NLI 9, NLM 10) การสะสมสารแคลเซียมคาร์บอเนต (Bk ในดิน NLI 9) และพบชั้นพลินไทต์หรือซิลิกาแลงอ่อนสีแดงจับตัวกันอย่างหลวม ๆ (Bv ในดิน KLM 21) ในตอนล่างที่ระดับความลึก 60-150 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน

ดินทุกบริเวณมีสีดินบนคล้ำกว่าดินล่าง โดยดินในที่ดินตอนมีชั้นดินบนส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาล ดินล่างมีสีน้ำตาลปนเหลืองและส้มปนเหลือง และไม่พบจุดประในหน้าตัดดิน ยกเว้นดิน RUI 29 จะมีสีดินอ่อนกว่าดินบริเวณอื่นในที่ดินตอน โดยมีสีอยู่ในช่วงสีน้ำตาลปนเทาถึงเทาปนน้ำตาลและพบจุดประในชั้นดินล่างของหน้าตัดดิน ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้คล้ายคลึงกับดินในสภาพที่ลุ่ม ดินในกลุ่มของทุกบริเวณที่ทำการศึกษาโดยทั่วไปจะมีสี (พื้น) อ่อนกว่าดินที่ตอน ในลักษณะของสีเทา ร่วมกับการมีจุดประในหน้าตัดดิน โดยชั้นดินบนของดินที่ลุ่มทุกบริเวณมีสีส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาล น้ำตาลปนเทา หรือปนเหลือง ส่วนในชั้นดินล่างมีสีเทา ในลักษณะของสีเทา เทาอ่อน เทาปนชมพู เทาปนแดง หรือเทาปนน้ำตาล และสีเหลือง และสีดินมีคาร์คร์ (chroma) ต่ำกว่า 3 โดยสีเทาและเทาอ่อนพบได้ชัดเจนในหน้าตัดดินบริเวณ KLI 19 KLM 21 NLI 9 NLM 1 และ RLI 9 ซึ่งทั้งหมดเป็นแปลงยางพาราที่ได้ผลไม่ดี สำหรับดินที่ลุ่มบริเวณอื่น ๆ ดินล่างจะเป็นสีเทาผสมกับสีอื่น ๆ ลักษณะของจุดประพบได้ตลอดหน้าตัดดิน ยกเว้นบริเวณ NLM 11 RUI 29 และ RLM 7 ไม่พบจุดประในตอนบนของหน้าตัดดิน (ที่ความลึก 0-25/35 เซนติเมตร) โดยจุดประที่พบมีสีต่าง ๆ ได้แก่ กลุ่มของสีน้ำตาล เหลือง และแดง ทั้งนี้สีจุดประส่วนใหญ่เป็นสีผสมของกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ส่วนจุดประสีแดงพบเป็นลักษณะสีแดงในหน้าตัดดิน KLI 17 NLI 7 และ RLM 7 ซึ่งเป็นแปลงยางพาราที่ได้ผลดี โครงสร้างดินบริเวณตอนบน ส่วนใหญ่เป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนที่มีความคงทนของการเกาะตัวกันในระดับปานกลางถึงสูง และการยึดตัวกันของดินในสภาพชื้นพบเม็ดดินจับตัวกันเป็นก้อนหลวมจนถึงแน่น และในสภาพดินเปียกมีความเหนียวตั้งแต่เหนียวน้อยถึงมาก ดินมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตั้งแต่เหนียวถึงมาก ยกเว้นดินบริเวณ KUI 1, KUI 2, NLI 9 มีโครงสร้างดินบริเวณตอนบนเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนที่มีความคงทนน้อยถึงปานกลาง และการยึดตัวกันของดินส่วนใหญ่พบว่า ในสภาพชื้นพบเม็ดดินจับตัวกันเป็นก้อนหลวมมาก และในสภาพ



ดินเปียกมีความเหนียวตั้งแต่เหนียวน้อยถึงปานกลาง และมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง  
น้อยหรือไม่มี

**ตารางที่ 3.2** ลักษณะดินและสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ของดินที่ศึกษา

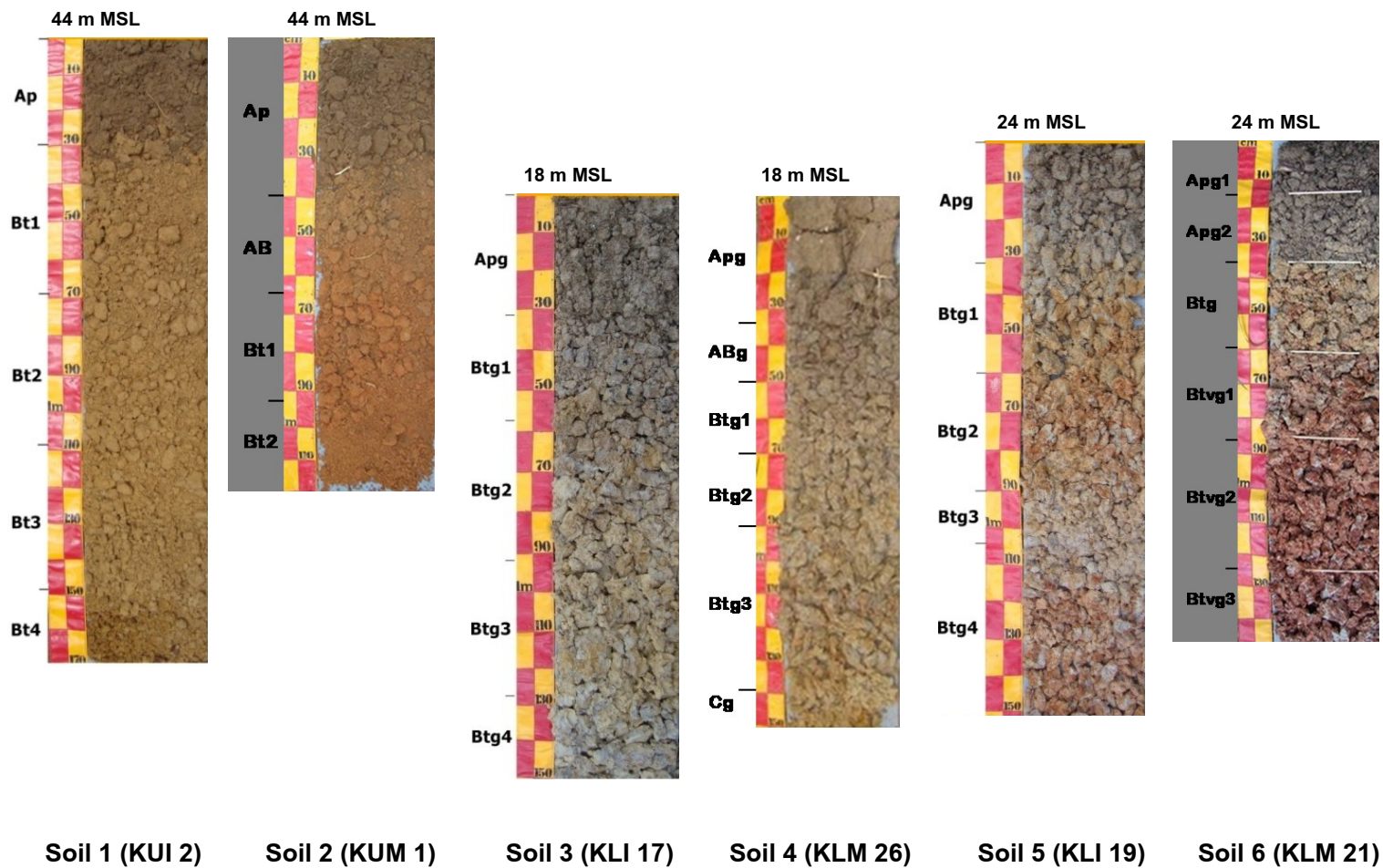
ดิน/ *ชื่อดิน	วัตถุต้นกำเนิดดิน	ความ ลาดชัน	สภาพภูมิประเทศ	ภูมิลักษณะ	ระดับน้ำใต้ดินช่วงที่ เก็บตัวอย่าง (ซม.)
1) KUI 2	: Fine-clayey, kaolinitic, isohyperthermic Aquic Kandiodults				
	Old alluvium	4%	Undulating	Low terrace	np
2) KUM 1	: Fine-clayey, kaolinitic, isohyperthermic Aquic Kandiodults				
	Old alluvium	4%	Undulating	Upper part of alluvial terrace	np
3) KLI 17	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	50
4) KLM 26	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	150
5) KLI 19	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	61
6) KLM 21	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	60
7) NUI 30	: Loamy-skeletal, mixed, semiactive, acid, isohyperthermic Lithic Udorthents				
	Colluvium	9%	Rolling	Footslope	np
8) NUM 27	Loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Hapludults				
	Residuum derived from sandstone	8%	Rolling	Upper part of footslope	np
9) NLI 7	: Coarse-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	2%	Flat	Low terrace	110
10) NLM 10	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	109
11) NLI 9	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	10
12) NLM 1	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	2%	Flat	Low terrace	113

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ดิน/ *ชื่อดิน	วัตถุต้นกำเนิดดิน	ความ ลาดชัน	สภาพภูมิประเทศ	ภูมิลักษณะ	ระดับน้ำใต้ดินช่วงที่ เก็บตัวอย่าง (ซม.)
13) RUI 29	: Loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Hapludults				
	Alluvium	4%	Undulating	Alluvial undulating plain	140
14) RUM 25	: Loamy-skeletal, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Hapludults				
	Residuum derived from sandstone	4%	Undulating	Residual undulating plain	np
15) RLI 3	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Local alluvium over residuum derived from sandstone	1%	Flat	Erosional low terrace	95
16) RLM 7	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Old alluvium	2%	Flat	Upper part of low terrace	np
17) RLI 9	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	105
18) RLM 4	: Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaquults				
	Alluvium	1%	Flat	Low terrace	110

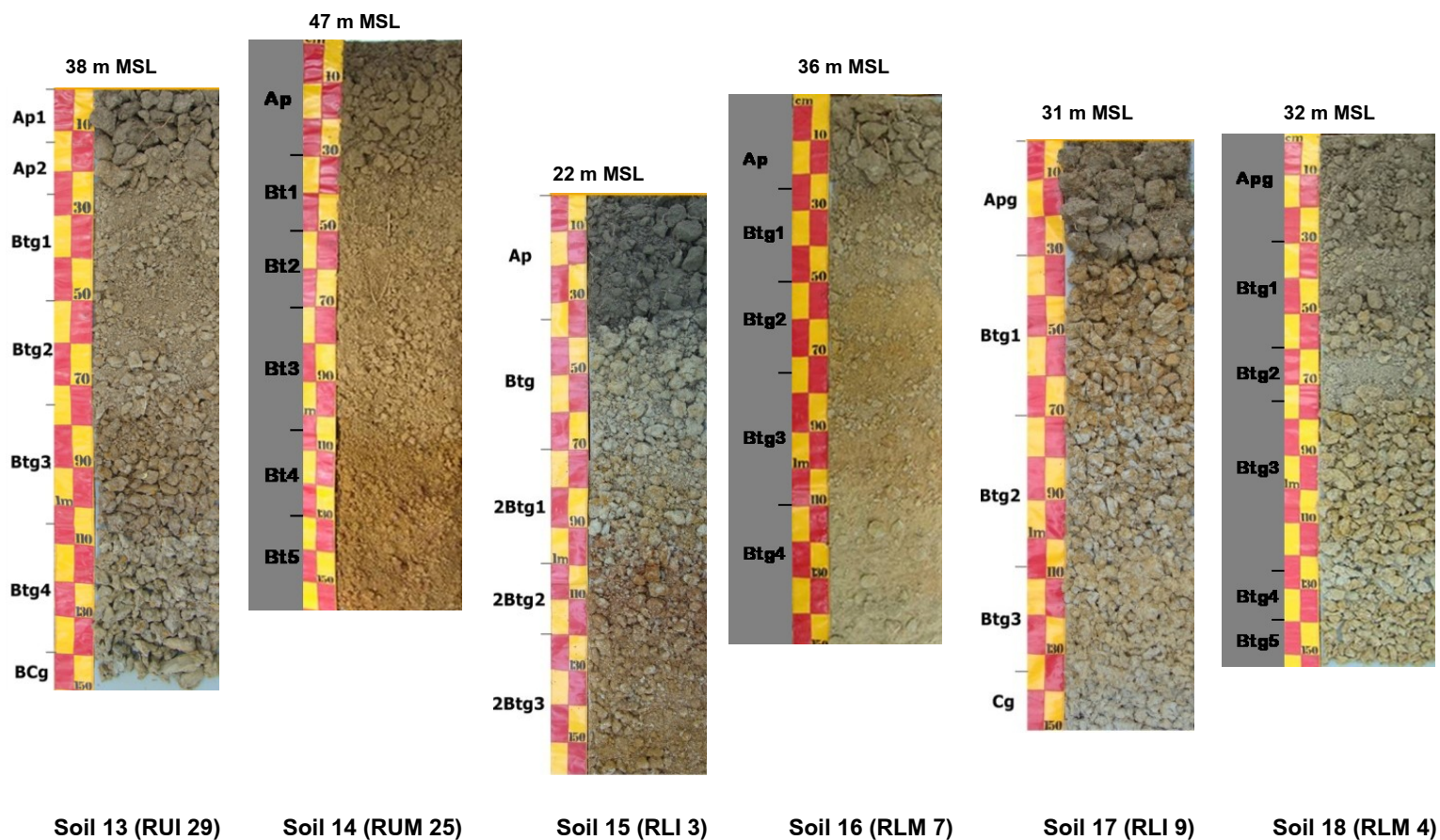
\* ชื่อดินตามระบบจำแนกดิน Soil Taxonomy (1998) จากตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ในแผนที่ดิน  
จังหวัดสงขลา (กองสำรวจดิน, 2516)

np = ไม่พบในช่วงที่เก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.2 ลักษณะหน้าตัดดินของดินที่ศึกษาตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (MSL) บริเวณ อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา





รูปที่ 3.4 ลักษณะหน้าตัดดินของดินที่ศึกษาตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (MSL) อ.รัตภูมิ จ.สงขลา

ตารางที่ 3.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของหน้าตัดดินในบริเวณที่ทำการศึกษา

Soil	Genetic horizon	Depth (cm)	Matrix Color	<sup>A</sup> Mottle Color	<sup>B</sup> Structure	<sup>C</sup> Consistence	<sup>D</sup> Coat	<sup>E</sup> Pore	<sup>F</sup> Root	Others
1 (KUI 2)	Ap	0-30	7.5YR 4/4	-	1-f,m ABK	VFri, SS/NP	-	2-f, m	2-f, m	-
	Bt	30-150	7.5YR 4/8,7/8	-	nd	VFri, SS-MS/ SP-MP	2-clay bridge & pore wall	2-f, m	2-f	-
2 (KUM 1)	Ap	0-40	7.5YR 4/4	-	1-f,m ABK	VFri, SS/NP	-	2-f, 1-m	2-f, m,1-c	-
	AB	40-65	7.5YR 4/4,5/6	-	nd	VFri, SS/NP	-	1-f, 2-m	1-m	-
	Bt	65-130	10YR 6/6,5/8	-	nd	VFri, SS/NP	1,2-clay bridge & pore wall	nd	nd	-
3 (KLI 17)	Apg	0-32	10YR 6/3,7/6	1f-5YR 4/6	2-m,c SBK	F, VS/VP	-	2-f	2-f, m	-
	Btg	32-150	10YR 7/1,7/6,7/8	2f-2.5YR 4/8, 5/8, 5YR 4/8, 3m,c 10YR 7/8	nd	VF, VS/VP	1,2-ped faces & pore wall	2-f	2-f	5% of decomposed dead root at 32-92 cm
4 (KLM 26)	Apg	0-35	7.5YR 5/3	1f-7.5YR 5/8	3-f,m SBK	Fri, SS/MP	-	2-c, 3-f	3-vf,f, 2- m	-
	ABg	35-50	7.5YR 5/4	2f-7.5YR 6/8	nd	VF, SS/MP	-	2-f	2-f	-
	Btg	50-140	7.5YR 6/2, 7/2 10YR 7/1	2f-7.5YR 6/8, 7/8, 7/1	nd	VF, SS/MP- VP	1,2-ped faces & pore wall	nd	nd	-
	Cg	140-170	10YR 6/8, 7/1	-	nd	SS/NP	-	nd	nd	-
5 (KLI 19)	Apg	0-32	10YR 6/1	2f-7.5YR 5/8	2-f,m,c SBK	Fri, MS/MP	-	2-f, 1-m	2-vf,f, 1-m,c	-
	Btg	32-150	2.5Y 6/1,8/1 10YR 7/1	2c-10YR6/8, 3f 10YR 7/8 3m- 2.5YR 4/8 3m-10YR 5/6	nd	F-VF, VS- MS/ VP-MP	2-clay mixed with iron oxide & ped faces & pore wall	2-vf,f	1-vf,f	20% of Fe-oxide nodule mottles at 115-150 cm
6 (KLM 21)	Apg	0-35	7.5YR 4/2, 5/2, 7/2	2f-5YR 5/6	2-f,m SBK	Fri-F, SS/SP- MP	-	2-f,vf	3-f, 1-m,c	-
	Btg	35-60	10YR 7/1	2m-10YR6/8, 2.5YR 4/8	2-f,m SBK	VF, MS/VP	1-ped faces & pore wall	3-f	1-f	-
	Btvg	60-150	10YR 7/1	2m-10YR 6/8, 2f-10YR 7/8	nd	VF, VS-MS/ VP-MP	1-ped faces & pore wall	nd	nd	Coarse soft plinthite (20% 10YR 4/8, 30% 2.5YR 4/8, 50% 2YR 4/8)
7 (NUI 30)	Ap	0-20	10YR 5/4	-	2-f,m SBK	Fri, MS/MP	-	1-f,m	2-f,m, 1-c	-
	AC	20-40	7.5YR 6/8, 10YR 8/6	-	-	F, VS/VP	-	-	1-f,m	Very gravelly

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

Soil	Genetic horizon	Depth (cm)	Matrix Color	<sup>A</sup> Mottle Color	<sup>B</sup> Structure	<sup>C</sup> Consistence	<sup>D</sup> Coat	<sup>E</sup> Pore	<sup>F</sup> Root	Others
8 (NUM 27)	Ap	0-40	10YR 4/3, 5/4	-	2-f,m SBK, 3-m,c SBK	Fri, MS/MP	-	2-f,m	2,3-f, 2-m	-
	Bt	40-82	10YR 6/6, 5YR 6/8, 7.5YR 8/2, 5Y 8/4	-	nd	Fri-F, MS-VS/MP-VP	1-ped faces & pore wall	2-f,m	nd	Slightly gravelly, weathered sandstone layer < 82 cm
9 (NLI 7)	Apg	0-32	7.5YR 7/1	2f,m-7.5YR 7/8, 1f-2.5YR 4/8	2-f,m,c SBK	Fri, MS/MP	-	2-f,m	2-f,m,c	
	Btg	32-110	7.5YR 7/1, 7/2	3f-2.5YR 6/4, 1m-2.5YR 5/8, 3f-2.5YR 4/8, 7.5YR 6/8	nd	Fri, MS/MP	1-ped faces	2-f, 1-m	2-f	
	Btcg	110-150	7.5YR 8/1	2f,m-2.5YR 5/8, 2f,m-7.5YR 7/8	nd	nd, MS/MP	1-ped faces & concretions	nd	nd	-30% of medium & coarse soft Mn-oxide (7.5YR 7/1) -10% of medium & coarse subrounded hard Fe-oxide ( <sup>10</sup> R 4/8)
10 (NLM 10)	Ap	0-30	10YR 4/6, 7/1	-	2-f,m,c SBK	Fri, MS/MP	-	1,2-f	2-f, 3-m	-
	Btg	30-150	10YR 7/6, 7/1, 8/1	2,3f-10YR 6/8, 3f-10YR 5/6, 2f-7.5YR 4/6	nd	F-VF, VS/VP	1-ped faces	1-f	2-f,m	-10% of medium & coarse Fe, Mn-oxide concentration (7.5YR, 5/8, 10YR 7/8) at 129-150 cm
11 (NLI 9)	Apg	0-30	10YR 6/4, 5/1	2f-5YR 7/8, 1f-5YR 5/8	2-m,c ABK	Fri, MS/MP	-	2-f,m,c	2-f,m	
	Bt(k)g	30-160	10YR 6/1, 6/2, 7/1, 7/2	1f-5YR 7/8, 2f-7.5YR 5/8, 1m-10YR 7/8	nd	Fri, MS-VS/MP-VP	1,2-ped faces & pore wall	2-f,m, 1-c	2-f,m	-2-7% of Fe, Mn-oxide concentration (10YR 1.7/1) at ≤ 50 cm -3% of rounded hard Mn-oxide nodules (10YR 1.7/1) coated with Fe-oxide (7.5YR 7/8) -7% of hard calcareous nodules
12 (NLM 1)	Apg	0-32	7.5YR 4/2	2m-7.5YR 5/8	2-f,m SBK	Fri, VS/VP	-	2-f	2-f,m	-
	Btg	32-110	10YR 7/1	3m,c-10YR 5/8, 3m,c-7.5YR 5/8	nd	VF, VS/VP	2-mixed with Fe-oxide coating on pore wall & ped faces	1-f,m	1-f	-
	BCg	110-152	10YR 7/1	2m,c-7.5YR 5/8	nd	VF, VS/VP	-	nd	nd	-



ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

Soil	Genetic horizon	Depth (cm)	Matrix Color	<sup>A</sup> Mottle Color	<sup>B</sup> Structure	<sup>C</sup> Consistence	<sup>D</sup> Coat	<sup>E</sup> Pore	<sup>F</sup> Root	Others
13 (RUI 29)	Ap	0-25	5YR 4/2, 10R 7/1	-	3-m,c semiABK	VF, VS/VP	-	2-f,m, 1-c	2-f,m,c	-
	Btg	25-140	7.5YR 7/1, 10YR 6/3, 5/4, 5YR 6/1	2f-7.5YR 6/6, 2m-7.5YR 6/8, 3m,c-7.5YR 5/8	nd	VF, VS/VP	1,2-ped faces	2-f, 1-m	2-f,m	-
	BCg	140-152	7.5YR 7/1, 10YR 5/4	-	nd	VF, VS/VP	1-ped faces	nd	nd	-
14 (RUM 25)	Ap	0-30	7.5YR 4/4	-	2-m SBK	VFri, SS/SP	-	1-f, 2-m	3-vf, 2-f	-
	Bt	30-152	10YR 5/8, 6/6, 6/8	-	2-m ABK	Fri-V, SS-MP/ SP-MP	1-ped faces, quartz grains & clay bridge	3-f, 2-m	2-f, 1,3-c	Gravelly weathered sandstone at 105-152 cm
15 (RLI 3)	Ap	0-35	10YR 4/2	-	2-f,m,c SBK	Fri, MS/MP	-	3-vf, 2-f,m	2-f, 1-m,c	-
	Btg	35-70	2.5Y 6/2	2m-10YR 6/8	nd	Fri, MS/MP	1-ped faces, pore wall & clay bridge	2-f	2-f	-
	2Btg	70-160	2.5Y 7/1, 7.5YR 8/1	2,3c-10YR 7/8, 1f-2.5YR ¾, 3m- 2.5Y 4/6	nd	Fri, MS/MP	2- ped faces, pore wall & clay bridge	nd	nd	-
16 (RLM 7)	Ap	0-25	10YR 5/2	-	2-f,m,c SBK	Fri, MS/MP	-	2-f,m	1-f,m	-
	Btg	25-150	7.5YR 7/1, 6/2, 10YR 7/1	2f-5YR 6/8, 3f- 10YR 7/8, 3m- 7.5YR 6/8, 2m- 10YR 3/6, 3m- 2.5YR 3/6	nd	F, MS/MP	1,2-ped faces & clay bridge	2-f,m	1-f	-
17 (RLI 9)	Apg	0-30	10YR 5/1	3f-7.5YR 5/8, 2f- 2.5YR 4/8	3-c SBK	VF, VS/VP	-	2-f, 1-m	2-f,m, 1-c	-
	Btg	30-135	2.5Y 7/1	2m-10YR 6/6, 6/8, 1m-2.5YR 4/8	nd	VF, VS/VP	1-ped faces & pore wall	2-f	2-f	-
	Cg	135-152	2.5Y 7/1	2f-10YR 7/6	nd	VF, VS/VP	1-ped faces	nd	nd	-
18 (RLM 4)	Apg	0-30	10YR 3/2	2f-5YR 4/8	2-f,m,c SBK	Fri, MS/MP	-	2-vf,1-f	2-f, 1-m	-
	Btg	30-150	10YR 4/3, 10YR 6/1, 6/2, 10YR 7/1	2f,m-7.5YR 5/8, 3f,m,c-10YR 6/8,	nd	Fri-F, MS/MP VF, VS/VP	1,2-ped faces & pore wall	2-f	1-f	-

หมายเหตุ

<sup>A</sup> Mottle Color	<sup>B</sup> Structure	<sup>C</sup> Consistence	<sup>D</sup> Coat	<sup>E</sup> Pore/ Root
ปริมาณ 1= few 2= common 3= many ขนาด f= fine m= medium c= coarse	ความคงทน 1= weak 2= moderate 3= strong ขนาด f= fine m= medium c= coarse รูปร่าง ABK= angular blocky SBK= subangular blocky	Fri= friable      SP= slightly plastic VFri= very friable      MP= moderately plastic F= firm      VP= very plastic VF= very firm SS= slightly sticky MS= moderately sticky VS= very sticky NP= non -sticky	ปริมาณ 1= few 2= common 3= many	ปริมาณ 1= few 2= common 3= many ขนาด vf= very fine f= fine m= medium c= coarse

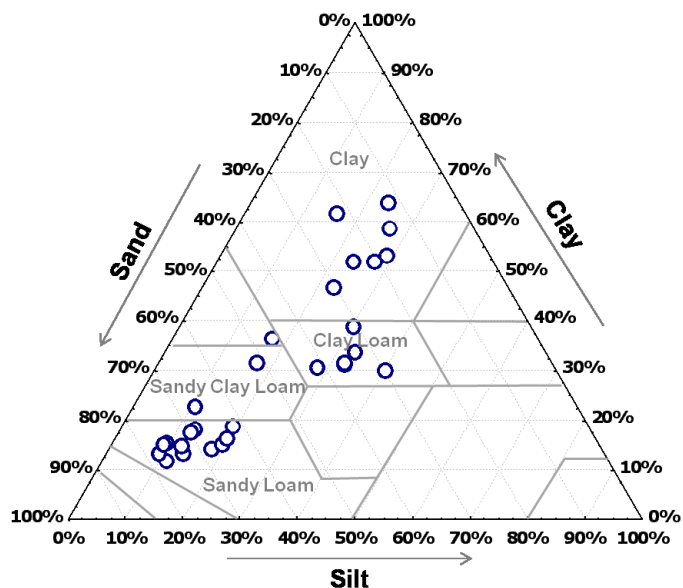
รหัสสี	สี	รหัสสี	สี	รหัสสี	สี	รหัสสี	สี
<b>10R</b>		<b>5Y</b>		<b>10YR</b>			
10R 7/1	Light gray	5Y 8/4	Pale yellow	10YR 3/2	Very dark grayish brown	10YR 7/8	Yellow
<b>2.5YR</b>		<b>7.5YR</b>		10YR 3/6	Dark yellowish brown	10YR 8/1	White
2.5YR 3/4	Dark reddish brown	7.5YR 4/2	Brown	10YR 4/2	Dark grayish brown	10YR 8/6	Yellow
2.5YR 3/6	Dark red	7.5YR 4/4	Brown	10YR 4/3	Brown	<b>2.5Y</b>	
2.5YR 4/8	Red	7.5YR 4/6	Strong brown	10YR 4/6	Dark yellowish brown	2.5Y 4/6	Olive brown
2.5YR 5/8	Red	7.5YR 4/8	Strong brown	10YR 5/1	Gray	2.5Y 6/1	Gray
2.5YR 6/4	Light reddish brown	7.5YR 5/2	Brown	10YR 5/2	Grayish brown	2.5Y 6/2	Light brownish gray
<b>5YR</b>		7.5YR 5/3	Brown	10YR 5/4	Yellowish brown	2.5Y 7/1	Light gray
5YR 4/2	Dark reddish gray	7.5YR 5/4	Brown	10YR 5/6	Yellowish brown	2.5Y 8/1	White
5YR 4/6	Yellowish red	7.5YR 5/6	Strong brown	10YR 5/8	Yellowish brown		
5YR 4/8	Yellowish red	7.5YR 5/8	Strong brown	10YR 6/1	Gray		
5YR 5/6	Yellowish red	7.5YR 6/2	Pinkish gray	10YR 6/2	Light brownish gray		
5YR 5/8	Yellowish red	7.5YR 6/6	Reddish yellow	10 YR 6/3	Pale brown		
5YR 6/1	Gray	7.5YR 6/8	Reddish yellow	10YR6/4	Light yellowish brown		
5YR 6/8	Reddish yellow	7.5YR 7/1	Light gray	10YR 6/6	Brownish yellow		
5YR 7/8	Reddish yellow	7.5YR 7/2	Pinkish gray	10YR 6/8	Brownish yellow		
		7.5YR 7/8	Reddish yellow	10YR 7/1	Light gray		
		7.5YR 8/1	White	10YR 7/2	Light gray		
		7.5YR 8/2	Pinkish white	10YR 7/6	Yellow		

### สมบัติทางกายภาพของดินในบริเวณที่ทำการศึกษา

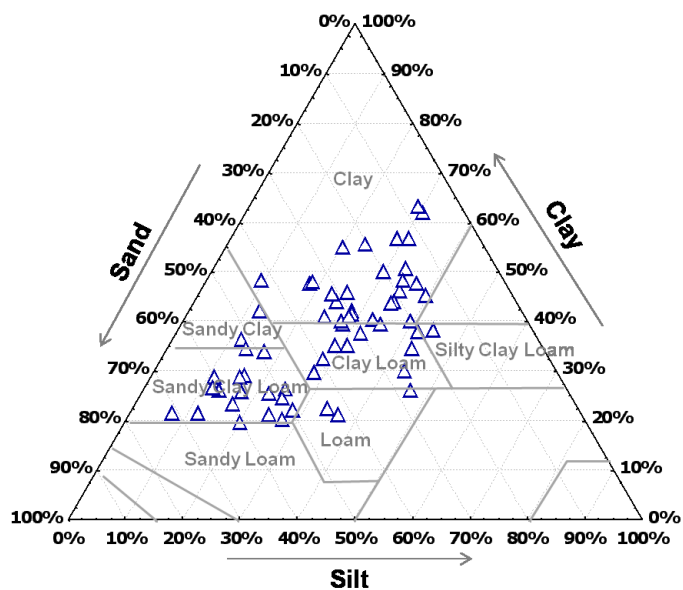
ดินมีลักษณะเนื้อดินแตกต่างกันตั้งแต่กลุ่มดินเนื้อหยาบถึงเนื้อละเอียด (รูปที่ 3.5) โดยดินส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินเนื้อละเอียดที่เป็นดินร่วนเหนียว ดินเหนียวปนทราย และดินเหนียว

กลุ่มดินเนื้อหยาบพบอยู่ในบริเวณที่ตอน มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายซึ่งมีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากตะกอนน้ำพาเก่า (KUI 2, KUM 1) และวัสดุตกค้างที่สลายตัวผูกอยู่กับที่ (RUM 25) กลุ่มดินเนื้อละเอียดและเนื้อปานกลางพบอยู่ในบริเวณที่ลุ่มทั้งหมดและที่ตอนบางบริเวณ (RUI 29) ซึ่งมีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากตะกอนน้ำพา ยกเว้นดินบริเวณ NUI 30 และ NUM 27 มีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากเศษหินเชิงเขาและหินทรายตามลำดับ นอกจากนี้ ดินในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีความแปรปรวนของเนื้อดินภายในหน้าตัดดิน (รูปที่ 3.6 และ 3.7) ดินทุกบริเวณยกเว้น NUI 30 มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่างบางช่วงในหน้าตัดดิน และเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน สอดคล้องกับลักษณะฐานของดินซึ่งพบลักษณะเคลือบของอนุภาคดินเหนียว (clay coat) ในลักษณะต่าง ๆ

ดินมีความหนาแน่นรวมของอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย  $1.36-2.10 \text{ Mg m}^{-3}$  (รูปที่ 3.8) โดยดินส่วนใหญ่มีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับค่อนข้างสูง และในชั้นดินล่างมีค่าสูงกว่าดินบน โดยเฉพาะดินบริเวณ KUI 2, KLI 17, RLI 3 และ RLM 7 พบว่ามีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับสูงมาก ( $> 1.8 \text{ Mg m}^{-3}$ ) ความสามารถของดินในการให้น้ำไหลผ่านภายในหน้าตัดดินตอนบนพบว่า ดินมีสภาพการนำน้ำอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็วมาก มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำอยู่ในพิสัย  $62-0.0036 \text{ cm hr}^{-1}$  (รูปที่ 3.9) โดยดินส่วนใหญ่มีสภาพนำน้ำอยู่ในระดับช้า ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำมีแนวโน้มลดลงในชั้นดินล่าง โดยส่วนใหญ่พบในดินที่ลุ่ม สำหรับดินที่ตอน ส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำสูงกว่าดินที่ลุ่ม และส่วนใหญ่อยู่ในระดับช้าปานกลางถึงปานกลาง นอกจากนี้ สภาพการนำน้ำอยู่ในระดับเร็ว ( $> 6.25 \text{ cm hr}^{-1}$ ) พบในชั้นดินบนของบริเวณ KUI 2, KLM 21 และ RLI 3

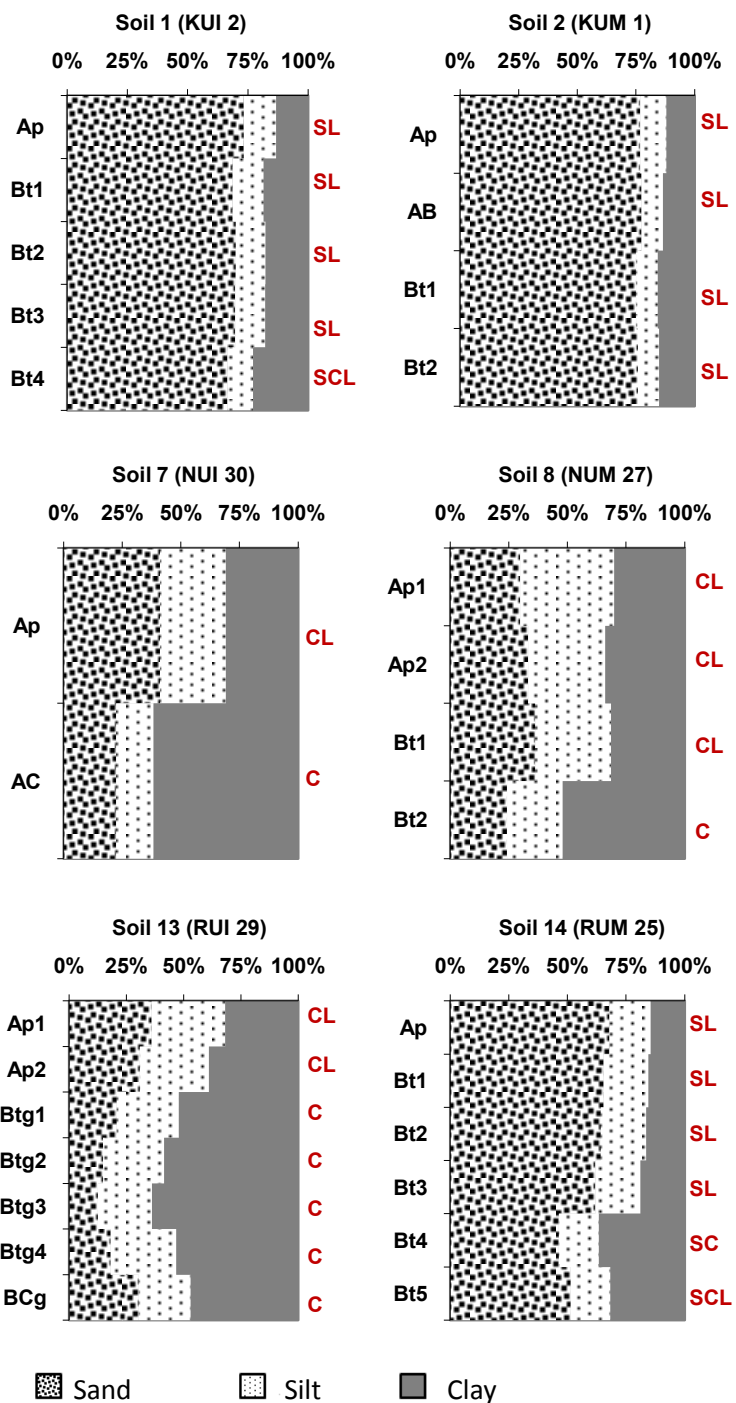


(ก)

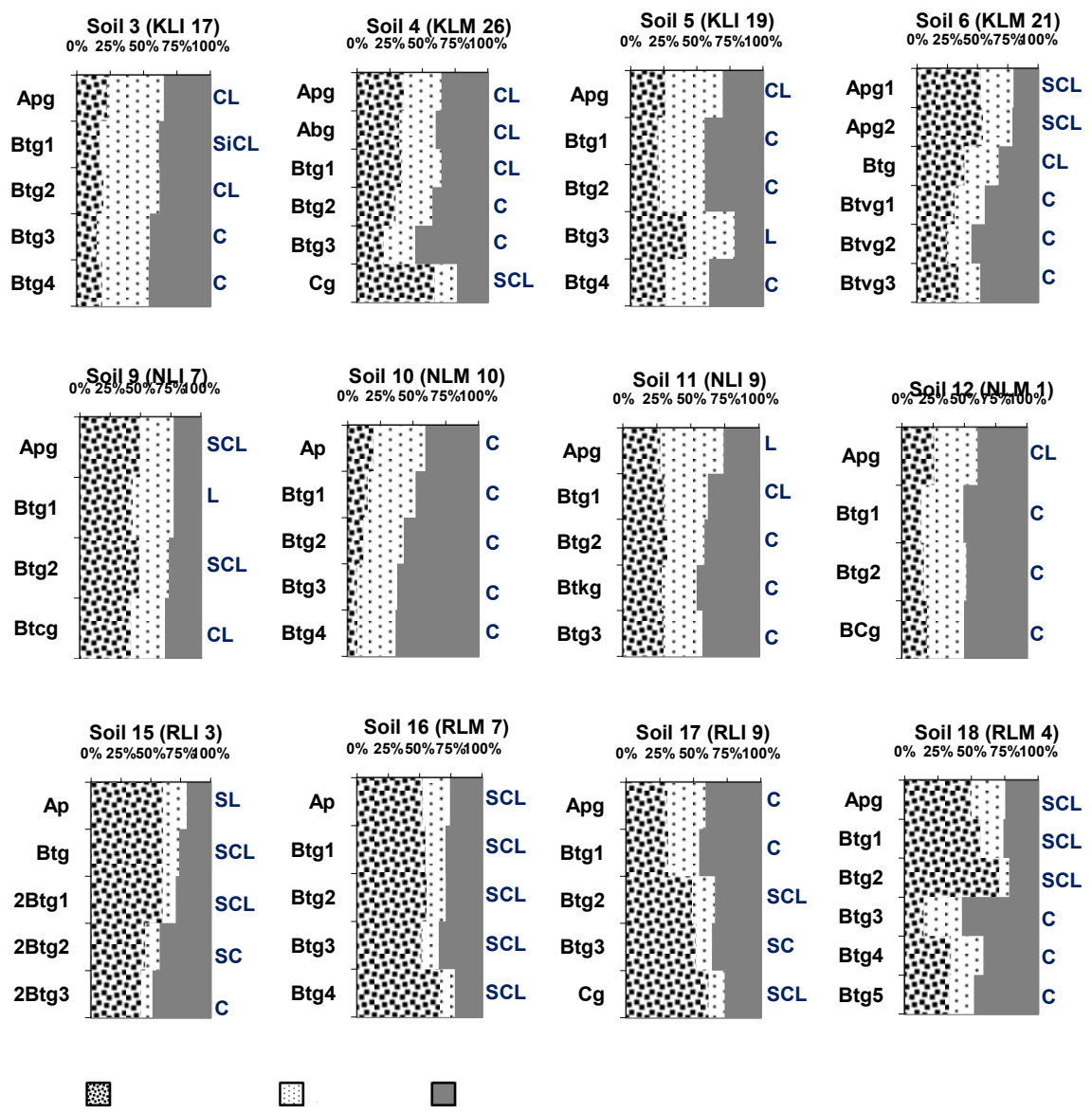


(ข)

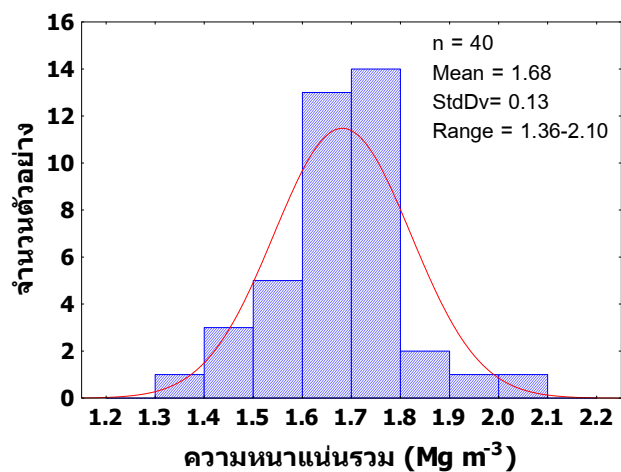
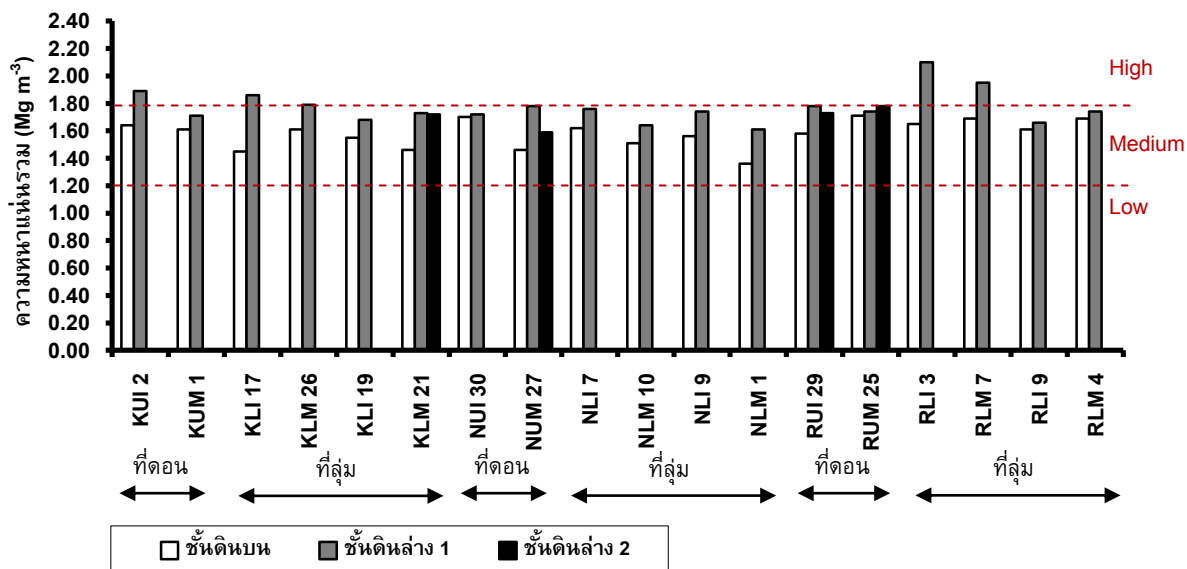
รูปที่ 3.5 ประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ของดินที่ศึกษาในบริเวณที่ต่อน (ก) และที่ลุ่ม (ข)



รูปที่ 3.6 การแจกกระจายของอนุภาคดินขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) และเนื้อดินตามชั้นกำเนิดดินของดินที่ศึกษาในบริเวณที่ดอน

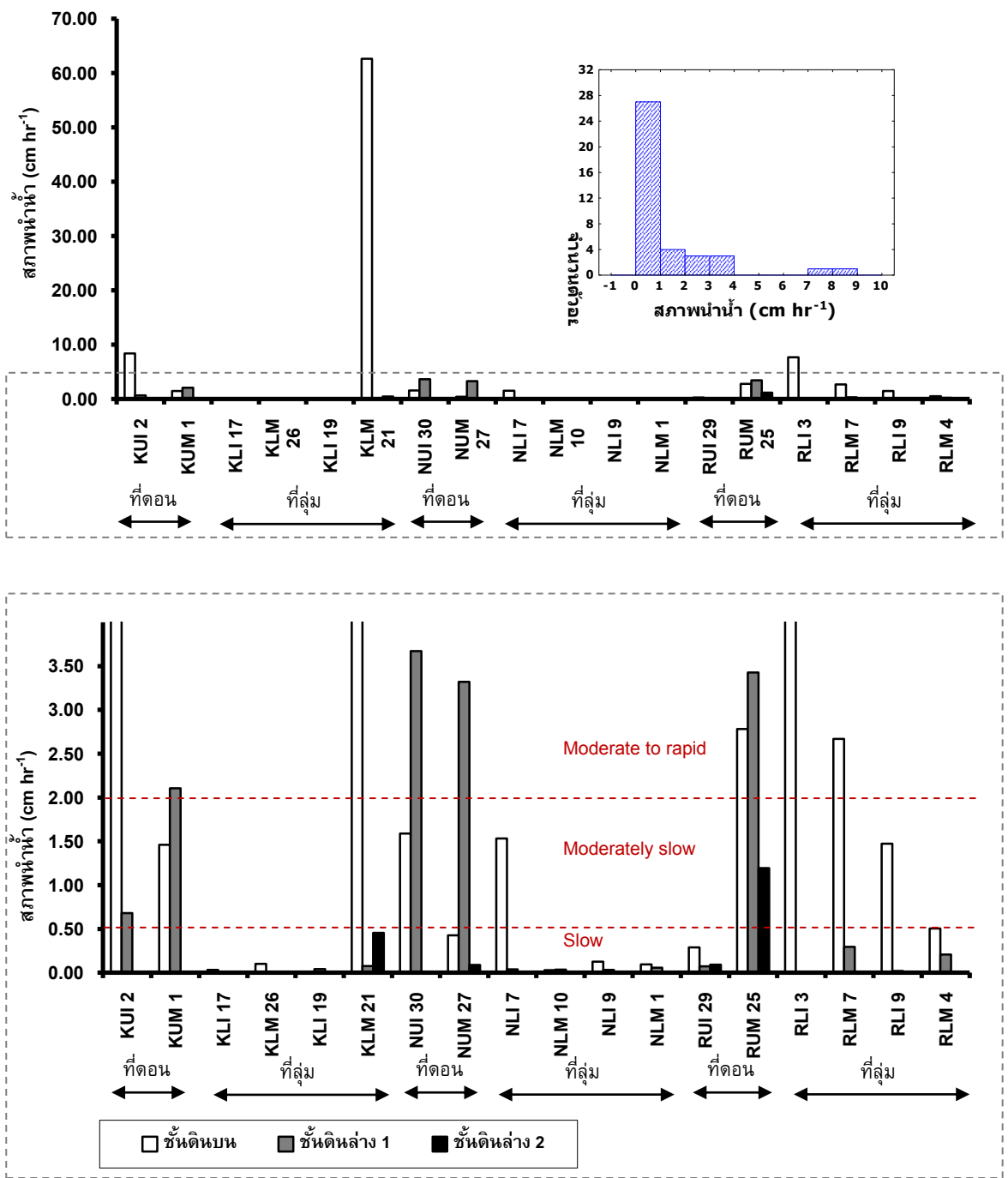


รูปที่ 3.7 การแจกกระจายของอนุภาคดินขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) และเนื้อดินตามชั้นกำเนิดดินของดินที่ศึกษาในบริเวณที่ลุ่ม



รูปที่ 3.8 ระดับความหนาแน่นรวมของดิน บริเวณตอนบนของชั้นดินในระดับความลึก 0-70

เซนติเมตรจากผิวน้ำดิน ของดินที่ศึกษา



รูปที่ 3.9 สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอ้อมตัวด้วยน้ำ บริเวณตอนบนของชั้นดินในระดับความลึก 0-70 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ของดินที่ศึกษา



### สมบัติทางเคมีของดิน ในบริเวณที่ทำการศึกษา

ดินทุกบริเวณมีสภาพเป็นกรดตลอดหน้าตัดดิน (ตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.10) ตั้งแต่ระดับกรดจัดถึงกรดจัดรุนแรง มีค่าอยู่ในพิสัย 5.52-4.02 ยกเว้นชั้นดินบน (Apg) ของดินบริเวณ KLI 17 และตอนล่าง (Btkg-Btg) ของดิน NLI 9 ซึ่งเป็นกรดปานกลาง และเป็นกลางตามลำดับ นอกจากนี้ ค่าพีเอชดินที่วัดได้จากน้ำจะมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จากสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนใหญ่สูงกว่าประมาณหนึ่งหน่วย ดินทุกบริเวณจัดเป็นดินไม่เค็ม มีสภาพการนำไฟฟ้าต่ำกว่า  $4 \text{ dS m}^{-1}$  โดยมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในพิสัย  $0.05\text{-}3.55 \text{ dS m}^{-1}$  (รูปที่ 3.11)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในระดับตั้งแต่ต่ำมากถึงปานกลาง ( $0.28\text{-}24.18 \text{ g kg}^{-1}$ ) (รูปที่ 3.12) และในชั้นดินบนมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่างโดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบนส่วนใหญ่อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ในขณะที่ชั้นดินล่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก สอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่พบว่าอยู่ในระดับต่ำ ( $0.0\text{-}1.2 \text{ g kg}^{-1}$ ) โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก ( $<1.0 \text{ g kg}^{-1}$ ) และพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในชั้นดินล่างสุด (2Btg, Btg) ของดินบริเวณ RLI 3 และ RLM 7 มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดได้ ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ , ตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.13)

ดินส่วนใหญ่มีปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ( $5.04\text{-}1.63 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (ตารางที่ 3.4) ยกเว้นชั้นดินบนของบางบริเวณ (KLI 17, KLM 21, NLI 7, 9, RUI 29, RLI 3, 9, RLM7,4) โดยเฉพาะบริเวณที่ลุ่ม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ( $6.29\text{-}29.80 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ปริมาณเบสแลกเปลี่ยนได้ ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมในดินทุกบริเวณ พบว่าอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมากและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ยกเว้นชั้นดินบนของบริเวณ NLI 7 และ RLI 9 ที่พบว่าปริมาณโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง ( $0.36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) และสูง ( $0.72 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) ตามลำดับ และบริเวณ RUI 29 มีแมกนีเซียมแลกเปลี่ยนได้ในระดับปานกลางและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกในลักษณะที่สัมพันธ์กับชั้นดินล่างสุดที่เป็นชั้นเปลี่ยนแปลงไปสู่ชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน (BCg) ที่มาจากตะกอนน้ำพา และในตอนล่างของหน้าตัดดิน NLI 9 ซึ่งพบการสะสมสารแคลเซียมคาร์บอเนตในระดับความลึก 79-150 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน จะมีปริมาณแคลเซียมแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง ( $10.63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )

สภาพกรดแลกเปลี่ยนได้ในดินพบว่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ( $0.28\text{-}6.87 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) และส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตอนล่างของหน้าตัดดิน (ยกเว้น NLI 9) โดยบริเวณ NUM 27, NLI 7, NLM 10 และ NLM 1 พบว่ามีปริมาณกรดแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ( $2.14\text{-}5.35 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) ตลอดหน้าตัดดิน ทั้งนี้ปริมาณกรดแลกเปลี่ยนได้มี

ความสัมพันธ์กับปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.001$ , ตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.14) โดยปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าอยู่ในพิสัย 0.23-5.5  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (K, Ca, Mg, Na) ของดินในชั้นดินล่างทุกบริเวณมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 35) ยกเว้นบริเวณ NLI 9 และ RUI 29 มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (ร้อยละ 40.30-78.41) นอกจากนี้ ชั้นดินบนในดินหลายบริเวณ (KLI 17, KLI 19, KLM 26, RUM 25, RLI 29) พบว่ามีความอิ่มตัวเบสมากกว่าร้อยละ 35 โดยอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสมีความสัมพันธ์กับปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมแลกเปลี่ยนได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.001$ , ตารางที่ 3.5)

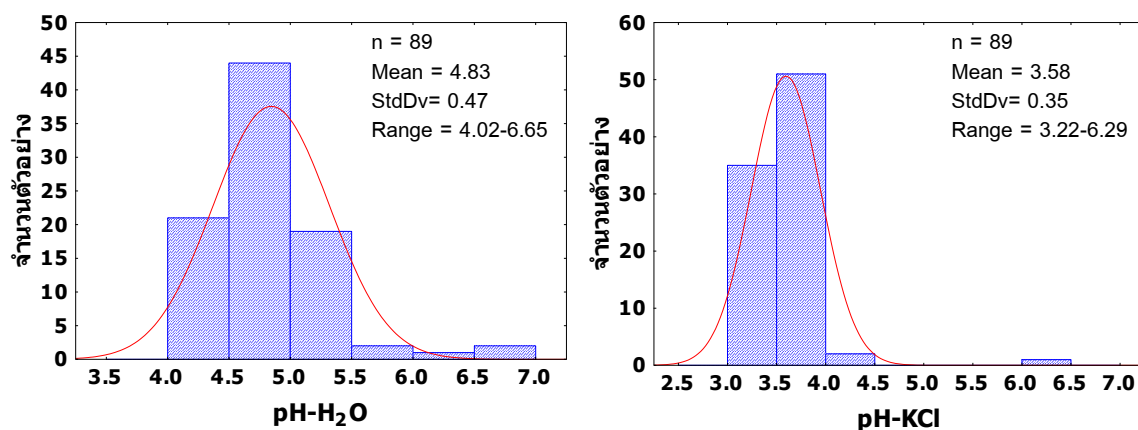
ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินมีค่าตั้งแต่ระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (1.17-16.85  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) (รูปที่ 3.15) โดยดินที่มาจากตะกอนน้ำพาที่ให้เนื้อดินกลุ่มเนื้อปานกลาง (KUI 2, KUM 1, NLI 7, RLI 9, RLM 7) พบว่ามีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ( $< 5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่มีค่าสูงพบในดินที่มาจากตะกอนน้ำพาเนื้อละเอียด ซึ่งให้เนื้อดินเป็นดินเหนียว ทั้งนี้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวในดิน ( $r=0.69$ ) และความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณอนุภาคขนาดทราย ( $r=-0.67$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 3.16 และตารางที่ 3.5)

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ศึกษา

Soil	Genetic horizon	Depth (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Avai.P (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.Na	Exch.acidity	Exch.Al	BS (%)
					(----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----)						
1 KUI 2	Ap	0-30	4.51	4.40	0.05	0.27	0.02	0.15	0.63	0.47	31
	Bt	30-150	4.73	2.52	0.02	0.17	0.03	0.05	1.08	0.80	16
2 KUM 1	Ap	0-40	4.10	3.04	0.03	0.16	0.05	0.05	0.65	0.41	16
	AB	40-65	4.02	2.13	0.02	0.11	0.02	0.06	1.33	0.70	10
	Bt	65-120	4.62	2.18	0.02	0.12	0.02	0.05	1.08	0.74	12
3 KLI 17	Ap <sub>g</sub>	0-32	6.03	13.16	0.14	3.97	1.40	0.12	0.78	0.74	53
	Bt <sub>g</sub>	32-150	4.91	2.86	0.07	1.24	0.74	0.14	1.79	1.55	30
4 KLM 26	Ap <sub>g</sub>	0-35	4.83	4.63	0.07	4.16	0.23	0.25	0.60	0.33	33
	AB <sub>g</sub>	35-50	4.91	3.29	0.04	3.52	1.60	0.33	1.54	0.68	46
	Bt <sub>g</sub>	50-140	4.54	3.25	0.05	0.66	0.62	0.17	4.83	3.97	11
5 KLI 19	Ap <sub>g</sub>	0-32	4.79	5.04	0.05	0.82	0.45	0.45	1.32	3.12	36
	Bt <sub>g</sub>	32-150	5.04	2.51	0.04	0.16	0.07	0.27	3.80	3.56	7
6 KLM 21	Ap <sub>g</sub>	0-15	4.47	9.38	0.08	0.40	0.18	0.07	1.16	0.85	34
	Bt <sub>g</sub>	35-60	4.60	1.63	0.03	0.13	0.03	0.08	2.43	2.00	4
	Bt <sub>vg</sub>	60-150	4.85	1.87	0.05	0.13	0.04	0.08	5.03	2.23	3
7 NUI 30	Ap	0-20	4.63	2.55	0.13	0.19	0.25	0.25	1.93	1.70	15
	Ac	20-40	4.95	2.25	0.13	0.13	0.25	0.25	6.88	4.74	6
8 NUM 27	Ap	0-40	4.60	2.54	0.11	0.11	0.08	0.06	5.14	2.54	4
	Bt	40-82	4.70	1.80	0.06	0.11	0.02	0.05	4.11	3.53	5
9 NLI 7	Ap <sub>g</sub>	0-32	4.35	29.80	0.36	0.68	0.07	0.18	2.15	1.60	29
	Bt <sub>g</sub>	32-110	4.30	4.13	0.06	0.36	0.04	0.10	2.14	1.66	17
	Bt <sub>cg</sub>	110-150	4.52	2.87	0.02	0.14	0.02	0.09	3.26	2.87	6

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

Soil	Genetic horizon	Depth (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Avai.P (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.Na	Exch.acidity	Exch.Al	BS (%)
					(----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----)						
10 NLM 10	Ap	0-30	4.31	3.41	0.05	0.10	0.05	0.16	4.22	3.97	6
	Btg	30-156	4.53	3.00	0.06	0.12	0.19	0.11	5.35	4.20	6
11 NLI 9	Apg	0-30	4.16	6.81	0.07	0.38	0.09	0.08	3.04	2.36	11
	Btg	30-79	4.91	3.99	0.06	3.43	0.04	0.19	2.14	1.82	40
	Btkg	79-130	6.58	2.43	0.09	10.63	0.26	0.19	0.57	0.53	77
	Btg	130-150	6.65	2.48	0.07	10.63	0.23	0.12	0.61	0.47	78
12 NLM 1	Apg	0-32	4.16	4.99	0.06	0.50	0.27	0.15	4.24	3.54	11
	Btg	32-110	4.49	2.55	0.10	0.30	0.11	0.12	5.15	1.27	8
	BCg	110-152	5.00	2.95	0.05	0.43	0.19	0.19	5.12	4.46	10
13 RUI 29	Ap	0-25	4.97	7.43	0.09	2.14	1.03	0.07	0.47	0.32	57
	Btg	25-140	4.70	4.92	0.06	2.17	1.84	0.41	2.10	1.55	45
	BCg	140-152	5.51	3.50	0.05	2.79	2.40	0.13	0.28	0.24	33
14 RUM 25	Ap	0-30	4.27	4.59	0.05	0.50	0.13	0.05	0.87	0.78	50
	Bt	30-152	4.99	2.55	0.05	0.18	0.06	0.07	1.39	0.67	17
15 RLI 3	Ap	0-35	4.40	9.39	0.04	0.21	0.02	0.10	1.20	1.16	14
	Btg	35-70	4.92	3.40	0.02	0.22	0.01	0.11	1.64	0.83	8
	2Btg	70-160	5.00	2.67	0.04	0.12	0.02	0.10	2.78	1.86	4
16 RLM 7	Ap	0-25	4.83	7.27	0.05	0.48	0.10	0.06	1.08	0.94	23
	Btg	25-150	4.90	2.49	0.02	0.23	0.06	0.09	1.71	1.12	11
17 RLI 9	Apg	0-30	4.93	6.99	0.72	1.43	0.27	0.13	1.35	0.67	56
	Btg	30-135	5.36	1.97	0.06	0.57	0.25	0.10	1.49	1.15	24
	Cg	135-152	5.52	2.95	0.06	0.28	0.23	0.09	1.57	1.41	12
18 RLM 4	Apg	0-30	4.33	6.29	0.11	0.29	0.06	0.06	1.20	1.02	18
	Btg	30-150	5.25	2.96	0.04	0.50	0.32	0.11	1.71	0.97	18

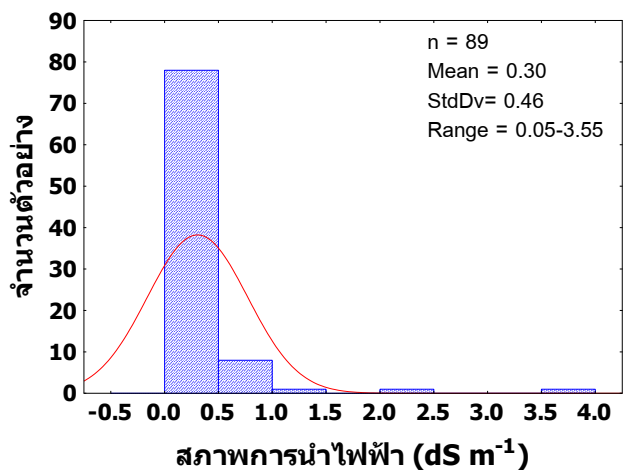


รูปที่ 3.10 ปฏิกริยาดิน (pH) ที่วัดในน้ำและในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ของดินที่ศึกษา

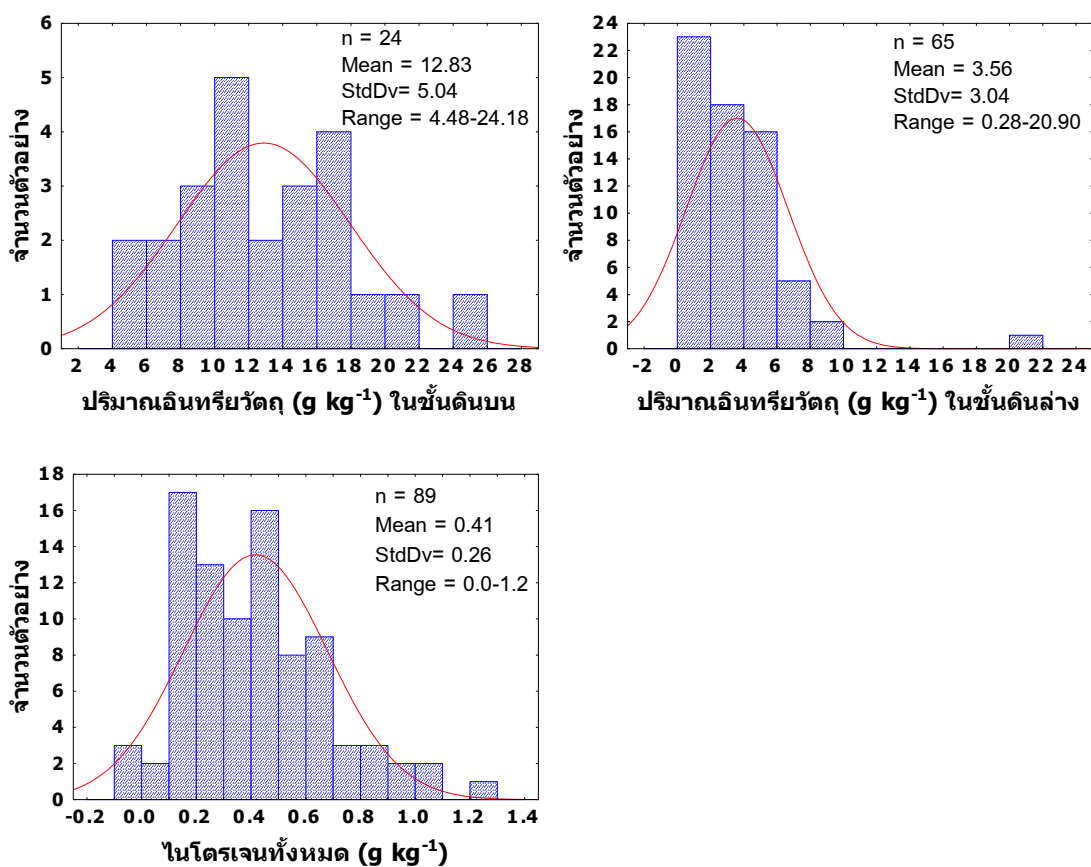
ตารางที่ 3.5 สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติบางประการของดินที่ศึกษา

Variable	pH-H <sub>2</sub> O	pH-KCl	EC	OM	Total N	Avai.P	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.Na	EA	Exch.Al	BS	CEC	Sand	Silt
pH-H <sub>2</sub> O	1.00															
pH-KCl	<b>0.58</b>	1.00														
EC	0.16	0.03	1.00													
OM	-0.34	-0.16	0.23	1.00												
Total N	<b>-0.39</b>	-0.34	0.27	<b>0.79</b>	1.00											
Avai.P	-0.12	-0.07	<b>0.57</b>	<b>0.51</b>	0.33	1.00										
Exch.K	0.03	-0.03	0.23	<b>0.37</b>	<b>0.40</b>	<b>0.47</b>	1.00									
Exch.Ca	<b>0.63</b>	<b>0.61</b>	0.29	0.02	0.02	0.07	0.10	1.00								
Exch.Mg	0.20	-0.01	<b>0.39</b>	0.01	0.10	0.13	0.04	<b>0.35</b>	1.00							
Exch.Na	0.07	-0.05	0.17	-0.08	0.04	0.05	0.03	0.31	<b>0.57</b>	1.00						
EA	-0.26	<b>-0.44</b>	-0.15	0.01	0.33	-0.17	0.00	-0.32	-0.19	0.03	1.00					
Exch.Al	-0.25	<b>-0.41</b>	-0.11	0.05	<b>0.35</b>	-0.12	-0.05	-0.28	-0.15	0.10	<b>0.83</b>	1.00				
BS	<b>0.43</b>	<b>0.43</b>	0.33	0.18	0.09	0.28	0.28	<b>0.77</b>	<b>0.51</b>	0.33	<b>-0.53</b>	<b>-0.43</b>	1.00			
CEC	0.31	0.05	0.21	-0.08	0.18	-0.08	0.02	<b>0.47</b>	<b>0.49</b>	<b>0.47</b>	<b>0.35</b>	0.27	0.13	1.00		
Sand	-0.11	0.26	-0.21	-0.13	<b>-0.47</b>	0.01	-0.18	-0.23	<b>-0.40</b>	<b>-0.38</b>	<b>-0.56</b>	<b>-0.52</b>	-0.10	<b>-0.67</b>	1.00	
Silt	-0.07	-0.27	<b>0.38</b>	<b>0.46</b>	<b>0.65</b>	0.20	0.20	0.19	0.25	0.25	0.28	<b>0.36</b>	0.17	<b>0.37</b>	<b>-0.76</b>	1.00
Clay	0.21	-0.17	0.03	-0.14	0.20	-0.16	0.11	0.20	<b>0.40</b>	<b>0.37</b>	<b>0.59</b>	<b>0.48</b>	0.03	<b>0.69</b>	<b>-0.88</b>	<b>0.36</b>

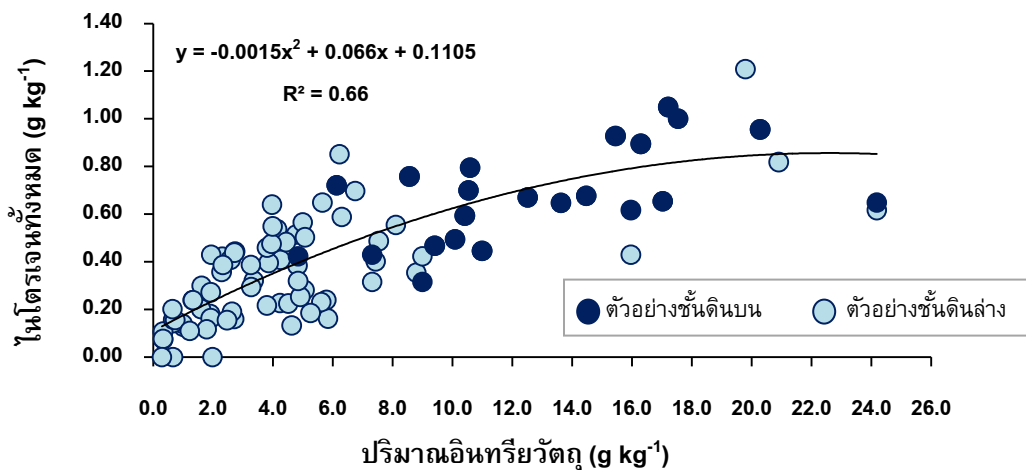
ตัวหนา = แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.001$



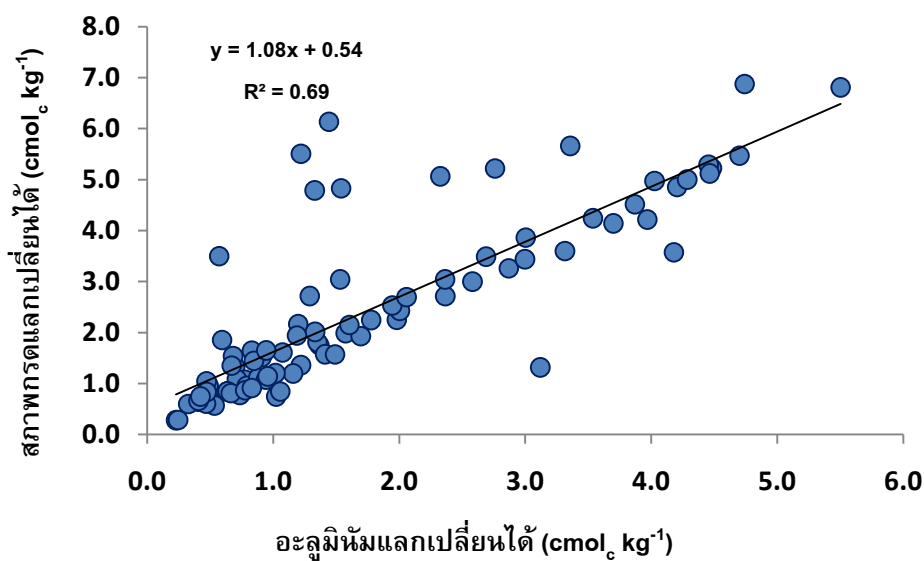
รูปที่ 3.11 สภาพการนำไฟฟ้าของดินที่ศึกษา



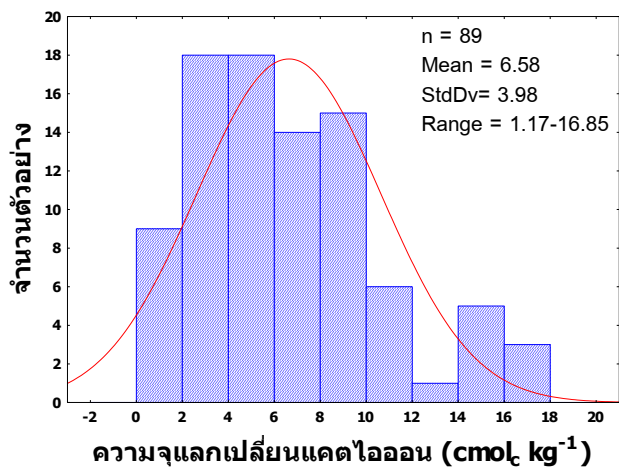
รูปที่ 3.12 ปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดของดินที่ศึกษา



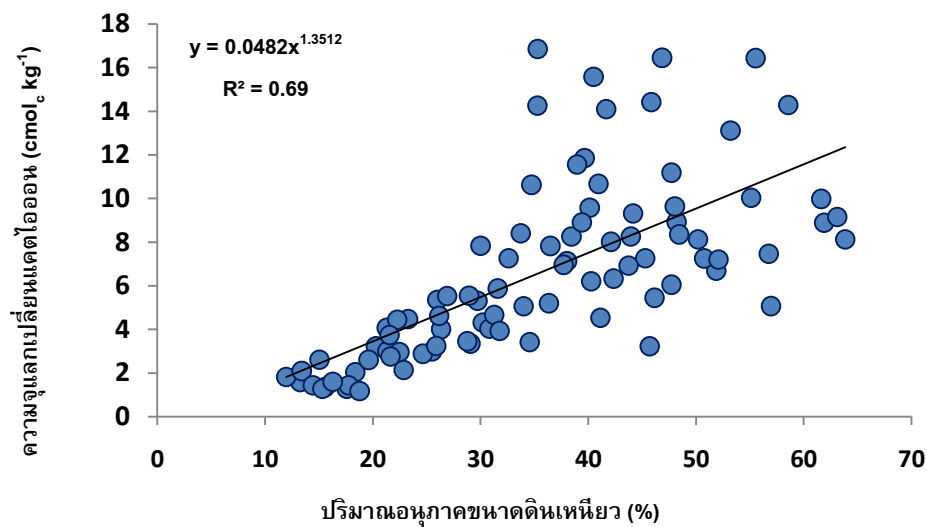
รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดของดินที่ศึกษา



รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้และกรดที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ศึกษา



รูปที่ 3.15 ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่ศึกษา



รูปที่ 3.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่ศึกษา



### ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความเหมาะสมของดินสำหรับยางพารา

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้สมบัติทางเคมีบางประการ พบว่าดินทุกบริเวณมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 3.6) ยกเว้นดินบริเวณ NLI 7 และ RLI 9 จะมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง เนื่องจากในตอนบนของหน้าตัดดินทั้ง 2 บริเวณ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับสูง ร่วมกับมีปริมาณฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ในดินบริเวณ NLI 7 และความอิ่มตัวเบสในดินบริเวณ RLI 9 ในระดับปานกลาง

เมื่อประเมินความเหมาะสม และพิจารณาศักยภาพของดินสำหรับปลูกยางพารา พบว่าความเหมาะสมของดินตามสภาพปัจจุบันสำหรับปลูกยางพารา ในบริเวณดินที่ตอนส่วนใหญ่ (KUI 2, KUM 1, RUI 29, RUM 5) มีความเหมาะสมในการปลูกยางพาราในระดับเหมาะสมดี (R-2) (ตารางที่ 3.7) โดยมีข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ (n) เพียงอย่างเดียว และในบริเวณ NUM 27 มีความเหมาะสมปานกลาง (R-3) เนื่องจากดินสีปานกลางและมีชั้นหินผุ (c) นอกจากนี้ดินบริเวณ NUI 30 ไม่ค่อยเหมาะสมในการปลูกยางพารา (R-4) เนื่องจากเป็นดินต้น อย่างไรก็ตามหากพิจารณาชั้นความเหมาะสมตามศักยภาพของดินที่ตอนทุกบริเวณ พบว่าอยู่ในระดับเหมาะสมดี แต่ในบริเวณ NUI 30 ดินยังมีข้อจำกัดอื่นเพิ่มเติม คือ การมีกรวดปนในปริมาณมาก (g) และมีก้อนหินโผล่บริเวณผิวหน้า (z) ทำให้ดินยังมีความเหมาะสมปานกลาง (R-3)

ดินในกลุ่มทุกบริเวณ มีสภาพปัจจุบันไม่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา (R-5) โดยมีข้อจำกัดรุนแรงเรื่องการมีน้ำแช่ขังบนผิวดินช่วงระยะเวลาหนึ่งในฤดูฝน (w) และหลังจากแก้ไขปัญหาทางด้านกล่าวแล้ว ดินยังคงมีสภาพไม่เหมาะสมเนื่องจากดินมีการระบายน้ำเร็ว (d) ยกเว้นบริเวณ NLM 10 และ RLM 7 ดินจะมีความเหมาะสมปานกลางเนื่องจากดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว อย่างไรก็ตาม หากมีการแก้ไขปัญหาเรื่องการมีน้ำแช่ขังและการระบายน้ำของดินได้ถาวรแล้ว ดินในกลุ่มทุกบริเวณจะจัดอยู่ในระดับชั้นเหมาะสมดี มีข้อจำกัดเพียงความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ยกเว้นบริเวณ NLI 7 และ RLI 9 จะจัดอยู่ในระดับชั้นเหมาะสมดีมาก (R-1) เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ซึ่งถือเป็นระดับความเหมาะสมตามศักยภาพของดิน

ตารางที่ 3.6 ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ทำการศึกษาที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร

Soil	รหัสแปลง	Organic matter		Available P		Available K		Cation exchange capacity		Base saturation		คะแนนรวม	ระดับความอุดมสมบูรณ์
		g kg <sup>-1</sup>	คะแนน	mg kg <sup>-1</sup>	คะแนน	mg kg <sup>-1</sup>	คะแนน	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	คะแนน	%	คะแนน		
1	KUI 2	5.38	1	3.59	1	13.79	1	1.77	1	23.96	1	5	ต่ำ
2	KUM 1	8.16	1	2.86	1	10.38	1	1.88	1	14.88	1	5	ต่ำ
3	KLI 17	8.34	1	9.47	1	40.24	1	9.78	1	50.45	2	6	ต่ำ
4	KLM 26	7.69	1	4.23	1	23.34	1	13.54	2	37.01	2	7	ต่ำ
5	KLI 19	11.85	1	4.13	1	18.99	1	5.73	1	24.98	1	5	ต่ำ
6	KLM 21	14.41	1	6.58	1	26.11	1	4.35	1	16.05	1	5	ต่ำ
7	NUI 30	10.56	1	2.37	1	50.19	1	7.60	1	9.45	1	5	ต่ำ
8	NUM 27	15.34	2	2.25	1	35.63	1	7.55	1	4.19	1	6	ต่ำ
9	NLI 7	12.43	1	20.83	2	101.30	3	3.91	1	27.41	1	8	ปานกลาง
10	NLM1 0	8.84	1	3.18	1	18.09	1	6.14	1	5.37	1	5	ต่ำ
11	NLI 9	20.53	2	6.24	1	24.42	1	6.00	1	11.16	1	6	ต่ำ
12	NLM 1	15.09	2	4.05	1	21.27	1	8.31	1	9.27	1	6	ต่ำ
13	RUI 29	9.73	1	7.32	1	30.56	1	7.40	1	48.53	2	6	ต่ำ
14	RUM 25	7.45	1	3.98	1	18.23	1	1.37	1	38.94	2	6	ต่ำ
15	RLI 3	9.06	1	7.60	1	12.16	1	3.21	1	12.01	1	5	ต่ำ
16	RLM 7	6.44	1	5.10	1	15.30	1	3.17	1	22.89	1	5	ต่ำ
17	RLI 9	10.61	1	5.03	1	177.14	3	4.01	1	50.43	2	8	ปานกลาง
18	RLM 4	7.94	1	5.30	1	30.90	1	3.03	1	19.32	1	5	ต่ำ

ตารางที่ 3.7 ระดับความเหมาะสมของดินที่ศึกษาสำหรับปลูกยางพารา (R)

ดิน	สภาพพื้นที่	ชั้นความเหมาะสม <sup>(1)</sup>	ชั้นความเหมาะสม <sup>(2)</sup>	ชั้นความเหมาะสม <sup>(3)</sup>	
1) KUI 2	ที่ดอน	R-2n	-	R-2n	
2) KUM 1		R-2n	-	R-2n	
3) KLI 17	ที่ลุ่ม	R-5w	R-5d	R-2n	
4) KLM 26		R-5w	R-5d	R-2n	
5) KLI 19		R-5w	R-5d	R-2n	
6) KLM 21		R-5w	R-5d	R-2n	
7) NUI 30		ที่ดอน	R-4c	R-3gz	R-2n
8) NUM 27			R-3c	-	R-2n
9) NLI 7	ที่ลุ่ม	R-5w	R-5d	R-1	
10) NLM10		R-5w	R-3d	R-2n	
11) NLI 9		R-5w	R-5d	R-2n	
12) NLM 1		R-5w	R-5d	R-2n	
13) RUI 29		ที่ดอน	R-2n	-	R-2n
14) RUM 25	R-2n		-	R-2n	
15) RLI 3	ที่ลุ่ม	R-5w	R-5d	R-2n	
17) RLM 7		R-5w	R-3d	R-2n	
16) RLI 9		R-5w	R-5d	R-1	
18) RLM 4		R-5w	R-5d	R-2n	

(1) ชั้นความเหมาะสมของดินตามสภาพปัจจุบัน มีข้อจำกัดที่รุนแรงที่สุด

(2) ชั้นความเหมาะสมของดิน หากมีการแก้ไขข้อจำกัดที่รุนแรงที่สุดของดินตามสภาพปัจจุบัน

(3) ชั้นความเหมาะสมตามศักยภาพของดิน (เมื่อมีการแก้ไขข้อจำกัดของดินได้ถาวร)

ชั้นความเหมาะสม: 1= ดีมาก, 2= ดี, 3= ปานกลาง, 4= ไม่ค่อยเหมาะสม, 5= ไม่เหมาะสม

ข้อจำกัด: n= ความอุดมสมบูรณ์, c= ความลึกที่พบชั้นดานแข็งหรือก้อนกรวด,

d= การระบายน้ำของดิน, g= ความลึกที่พบก้อนกรวด, z= ก้อนหินโผล่, w= น้ำแข็ง

## วิจารณ์ผลการศึกษา

### สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และลักษณะสัณฐานวิทยาของดินปลูกยางพารา

สภาพภูมิประเทศมีความสัมพันธ์กับวัตถุต้นกำเนิดดิน (Jenny, 1980; Brady and Weil, 2008) ดินในระบบที่ลาดเชิงเขา บริเวณตอนบนจะมีวัตถุต้นกำเนิดดินที่แสดงความต่อเนื่องกันกับชั้นหินแข็งในลักษณะของวัสดุตกค้าง ส่วนในบริเวณตอนล่างของเชิงเขาจะเป็นเศษหินที่ถูกเคลื่อนย้ายมาทับถมโดยอิทธิพลของแรงถ่วงของโลกเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อสภาพภูมิประเทศที่ต่ำลงมาจากที่ลาดเชิงเขาซึ่งเป็นระบบตะพักลำน้ำ จะมีวัตถุต้นกำเนิดดินที่เคลื่อนที่มาจากอิทธิพลของน้ำไหลและตกตะกอนทับถมในบริเวณต่าง ๆ ที่น้ำผ่านไป นอกจากนี้ สภาพภูมิประเทศในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นจะมีระดับน้ำใต้ดินสูงต่ำคล้ายคลึงกันกับลักษณะผิวหน้าของภูมิประเทศ (เอิบ, 2548) จึงทำให้บริเวณส่วนต่ำของพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณตะพักลำน้ำชั้นต่ำ จะมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้น ใกล้กับผิวหน้าสภาพภูมิประเทศมากกว่าบริเวณที่เป็นเนินเขา ทั้งนี้สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพาราควรมีลาดชันของพื้นที่ไม่เกินร้อยละ 9 และมีระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 1 เมตรจากผิวหน้าดิน (นุชนารถ, 2552; Yogaratnam, 2000) ซึ่งลักษณะเหมาะสมดังกล่าวพบอยู่บริเวณที่ดอนทั้งหมดและในที่ลุ่มบางบริเวณทั้งที่ได้ผลดี (KLM 26, NLI 7, NLM 10) และได้ผลไม่ดี (NLM 1, RLI 9, RLM 4) เนื่องจากยังมีปัจจัยการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินตามช่วงฤดูกาล และความยาวนานของการมีน้ำขังในดินที่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย (ศานิต และวิษณุ, 2554; Ismail and Nor, 1996; Smith *et al.*, 2001; Aguilar *et al.*, 2008)

ความลึกของดินมีอิทธิพลต่อการชอนไชของรากพืช ปริมาณน้ำและธาตุอาหารในดิน (Brady and Weil, 2008) ดินพัฒนาภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ส่งเสริมการเกิดกระบวนการผุพังอยู่กับที่ที่เกิดขึ้นได้ต่อเนื่อง (เอิบ, 2533) ทำให้ดินที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นดินลึก (มีความลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา (นุชนารถ, 2552; Yogaratnam, 2000) บริเวณที่เป็นดินตื้น (NUI 30) แสดงว่าอิทธิพลของการกร่อนจะมีมากกว่าการผุพังอยู่กับที่ (Butzer, 1976) ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพพื้นที่ที่เป็นลูกคลื่นลอนชัน อย่างไรก็ตาม ดินตื้นที่มีกรวดปนภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ในสภาพที่มีความชื้นต่อเนื่อง ไม่มีการเกาะหรือเชื่อมกันเป็นชั้นแข็ง จัดว่าเป็นข้อจำกัดเล็กน้อยในการชอนไชและเจริญเติบโตของรากพืชสำหรับการปลูกยางพารา (Kheoruenromne *et al.*, 2000; Yogaratnam, 2000) ทั้งนี้พันธุ์ยางที่สถาบันวิจัยยาง (2554) แนะนำให้ปลูกสำหรับพื้นที่ลาดชันและมีหน้าดินตื้น คือพันธุ์ BPM 24, PB 255 และ PB 260

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและผลวิเคราะห์สมบัติดินบางประการ แสดงให้เห็นว่าดินที่ศึกษาทั้งในที่ดอนและที่ลุ่ม (ยกเว้นบริเวณ NUI 30) มีพัฒนาการสูง (Buol *et al.*, 2003) โดยมีชั้นสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวซึ่งเป็นลักษณะของชั้นดินวินิจฉัยอาร์จิลลิก (Soil Survey Staff, 2010) ที่มีความอึดตัวเบสต่ำ เนื่องจากดินพัฒนาภายใต้สภาพที่มีความชื้นที่ต่อเนื่องยาวนานต่อปี เกิดการปลดปล่อยสารจากวัสดุต้นกำเนิดดิน ทำให้มีการชะละลายเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้มีการเคลื่อนย้ายของสารภายในดิน ที่สำคัญคือการเคลื่อนย้ายและสะสมของอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินล่าง และการเคลื่อนย้ายสารออกจากดิน ที่สำคัญคือแคตไอออนที่เป็นเบส (เอิบ, 2533) ดินส่วนใหญ่แสดงพัฒนาการของโครงสร้างดิน (ตอนบน) อยู่ในระดับปานกลาง (แบบก้อนเหลี่ยม) ซึ่งจัดว่าเหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา (Yogarathnam, 2000) และความร่วนเหนียวของดินแบบร่วน (friable) ซึ่งพบส่วนใหญ่ในชั้นดินบนโดยเฉพาะในดินที่มีเนื้อละเอียด แสดงว่าดินมีการจับตัวเป็นเม็ดดินดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในชั้นดินบน ในขณะที่ชั้นดินล่างส่วนใหญ่โดยเฉพาะดินในที่ลุ่ม มีความร่วนเหนียวของดินแบบแน่น (firm) สัมพันธ์กับเนื้อดินละเอียด

ลักษณะสีดินเป็นเครื่องช่วยชี้ถึงสภาพเปียกแห้งของดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993; Buol *et al.*, 2003) การพัฒนาของดินในสภาพที่มีแหล่งของเหล็ก ปฏิกริยาภายในดินทำให้เกิดออกไซด์ของเหล็กขึ้น และมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดสีต่าง ๆ ขึ้นในดิน โดยเฉพาะสีน้ำตาล เหลือง และแดง ขึ้นอยู่กับสภาพความชื้นของดินจากมากไปน้อยตามลำดับ หรือสภาพออกซิเดชัน-รีดักชัน หรือสภาพแห้งหรือมีน้ำขัง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) โดยเหล็กในแร่เกอไทต์จะทำให้ดินมีสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีเหลือง เกิดได้ในสภาพที่มีน้ำขังเป็นช่วงสั้น ๆ และเมื่อมีสภาพออกซิไดซ์ที่แห้งและต่อเนื่อง สามารถเปลี่ยนเป็นแร่ฮีมาไทต์ซึ่งทำให้ดินมีสีแดง (อัญชลี, 2553; Buol *et al.*, 2003) สีแดงในดินแตกต่างกันตามปริมาณแร่ฮีมาไทต์ (Watana *et al.*, 2005) และมักจะพบในบริเวณที่ดินมีการระบายน้ำดี (อัญชลี, 2553; Blavet *et al.*, 2000) ด้วยเหตุดังกล่าว ในสภาพที่มีการระบายน้ำดี ออกไซด์ของเหล็กร่วมกับอะลูมิเนียมจะมีการแจกกระจายไปทั่วพื้นของเนื้อดิน ทำให้ดินมีสีสม่ำเสมอในลักษณะสีเดียวหรือสีผสมทั้งหน้าตัดดินซึ่งพบในดินที่ศึกษาบริเวณที่ดอนทั้งหมด (รูปที่ 3.2-3.4 และตารางที่ 3.3) แต่ในสภาพที่มีการเปียกและแห้งสลับกันภายในดิน จะทำให้ดินมีสีเทา มีค่ารงค์ต่ำกว่า 3 และเกิดจุดประสีต่าง ๆ ภายในหน้าตัดดิน ดังที่พบในดินที่ลุ่มทุกบริเวณ (รูปที่ 3.2-3.4 และตารางที่ 3.3) ซึ่งลักษณะดังกล่าวบ่งชี้ว่าดินมีสภาพการระบายน้ำเร็ว และมีการท่วมขังของน้ำเป็นระยะเวลานานในช่วงหนึ่งของปี โดยสีเทาหรือออกเทาบ่งชี้ว่ามีน้ำขังหรือดินมีสภาพรีดิวซ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของเหล็กหรือสูญเสียแร่เหล็กไปในสภาพรีดิวซ์ จุดประภายในดินแสดงสภาวะที่เกิดออกซิเดชันและรีดักชันสลับกัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขึ้นลง

ของระดับน้ำใต้ดินทำให้เกิดการแยกตัวมาสะสมสารประกอบที่มีเหล็ก ทั้งนี้รวมถึงการเกิดสารกอนกลมหรือมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ (บริเวณ NLI 7, NLI 9, NLM 10) และพลินไทต์ (บริเวณ KLM 21) (Watana *et al.*, 2005)

รวมทั้งการสะสมสารแคลเซียมคาร์บอเนตในตอนล่างของหน้าตัดดินบริเวณ NLI 9 ซึ่งทำให้ดินมีสภาพเป็นกลาง (มี pH 6.58-6.65) และมีปริมาณแคลเซียมแลกเปลี่ยนได้สูง แสดงให้เห็นว่าบริเวณนี้มีการชะละลายเกิดขึ้นน้อย ไม่พอที่จะชะสารออกไปจากดิน (Prasad and Power, 1997) สอดคล้องกับปริมาณกรดที่แลกเปลี่ยนได้ในชั้นดินที่มีค่าต่ำมากและมีความอึดตัวเบสสูง การสะสมสารเข้มข้นของคาร์บอเนตในดินจะพบมากในบริเวณที่มีน้ำใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นสูงเป็นบางครั้งคราว และเป็นช่วงเวลานานพอสมควร (เอิบ, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับการพบว่าบริเวณนี้มีน้ำใต้ดินเคลื่อนที่อยู่ในระดับตื้นมาก (10 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน) และมักพบในบริเวณที่เป็นส่วนต่ำของระบบ (Gerrard, 1992) ทั้งนี้ น้ำใต้ดินน่าจะเป็นแหล่งของสารคาร์บอเนตที่มาสะสมในดินบริเวณนี้

ระดับและการขึ้นลงของน้ำใต้ดินจะมีอิทธิพลต่อลักษณะและสมบัติในหน้าตัดดินของดินไม่เท่ากัน และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชต่างกัน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในดินที่ลุ่ม โดยในแปลงยางพาราที่ได้ผลดี ซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินที่ความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดินลงไป ทุกบริเวณดินมีสีพื้นเป็นสีเทาปนสีอื่น ๆ ร่วมกับการมีจุดประสีแดงเป็นลักษณะเด่น (บริเวณ KLI 17, NLI 7 และ RLM 7) แสดงว่าดินมีน้ำแช่ขังในหน้าตัดดินเป็นระยะเวลาสั้นๆ และบางบริเวณ (NLM 10, RLI 3, RLM 7) ไม่พบจุดประสีในตอนบนของดินหน้าตัดดิน บ่งชี้ว่าไม่มีน้ำแช่ขังในตอนบนของหน้าตัดดินช่วงความลึก 0-25/35 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตาม บริเวณที่ได้ผลดีที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นกว่า 1 เมตร จะเป็นแปลงยางพาราในระยะก่อนเปิดกรีด (KLI 17, RLI 3) มีอายุ ในช่วง 3-5 ปี ซึ่งระบบรากหยั่งลึกลงไม่มาก แต่เมื่อต้นยางพารามีอายุมากขึ้นระบบรากหยั่งลงลึก อาจมีผลกระทบต่อกรเจริญเติบโตของต้นยางพาราได้ โดยมีรายงานว่า สวนยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาที่มีระดับน้ำใต้ดินประมาณ 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน พบยางพาราส่วนใหญ่ยืนต้นตายเมื่ออายุระหว่าง 7-10 ปี (นลินี และคณะ, 2549 อ้างโดย นุชนารถ, 2552) ส่วนแปลงยางพาราที่ได้ผลไม่ดี (KLI 19, KLM 21, NLI 9, NLM 1, RLI 9, RLM 4) ซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินตื้นมาก (10 เซนติเมตร) จนถึงลึกมากกว่า 1 เมตรจากผิวหน้าดิน ดินของบริเวณเหล่านี้จะมีสีเทาและเทาอ่อน และส่วนใหญ่มีจุดประสีน้ำตาลและเหลืองตลอดหน้าตัดดิน (รูปที่ 3.2-3.4 และตารางที่ 3.3) เนื่องจากดินอยู่ในสภาพที่มีน้ำแช่ขังนานหรือมีช่วงแห้งสั้น ดังนั้น การปลูกยางพาราในพื้นที่ลุ่มนอกจากต้องคำนึงถึงระดับของน้ำใต้ดิน ยังจำเป็นต้องพิจารณาการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินในช่วงปีที่จะมีผลต่อระยะการแช่ขังของน้ำในดินบริเวณนั้น ๆ ด้วย เนื่องจากการมีน้ำแช่ขังนานในดินมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในดิน จนส่งผลกระทบต่อกรเจริญเติบโตของรากพืช โดยได้มีรายงานในไม้ยืนต้นบางชนิดว่า เมื่อปริมาณ

ออกซิเจนในดินต่ำกว่าร้อยละ 5 จะยับยั้งการเจริญเติบโตของรากต้นไธ้ (Costello *et al.*, 1991) น้ำแช่ขังนาน 1 เดือน ทำให้ความยาวรากของต้นกล้วยลดลงร้อยละ 48 (Aguilar *et al.*, 2008) และน้ำแช่ขังนาน 3 เดือน ในลักษณะท่วมผิวหน้าดินจะทำให้ความยาวรากของต้น spotted gum ลดลงร้อยละ 98 แต่หากน้ำแช่ขังเฉพาะในตอนล่างที่ระดับต่ำกว่า 25 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ทำให้ความยาวรากของต้น spotted gum ลดลงร้อยละ 30 (Smith *et al.*, 2001) อิทธิพลของน้ำแช่ขังในดินมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตทั้งทางใบและลำต้นของพืช ทั้งนี้ระยะเวลาการท่วมขังของน้ำต่อการเจริญเติบโตของยางพารา ยังไม่พบการศึกษาในแปลงยางพาราที่โตแล้ว แต่มีรายงานในต้นกล้วยพาราว่า เมื่อให้น้ำแช่ขังนาน 2 วัน สามารถยับยั้งพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งของยางพารา (ศานิตและวิษณุ, 2554) ซึ่งการท่วมขังของน้ำนาน 2 วัน จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในดินลดลงอย่างรวดเร็วและหมดไปเมื่อน้ำขังต่อเนื่องประมาณ 10 วัน (Jenkinson and Franzmerier, 2006 อ้างโดย Brady and Weil, 2008) และการแช่ขังน้ำนาน 5 วัน จะเริ่มมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และเมื่อน้ำขังต่อเนื่องนาน 20 วัน จะชงกการเจริญเติบโตในต้นมะเฟือง (Ismail and Noor, 1996)

### สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินปลูกยางพารา

ดินที่ศึกษามีเนื้อดินตั้งแต่กลุ่มเนื้อหยาบถึงเนื้อละเอียด (รูปที่ 3.5) แตกต่างกันตามวัตถุต้นกำเนิดดิน (Osher and Buol, 1998) และมีความแปรปรวนของเนื้อดินภายในหน้าตัดดิน (รูปที่ 3.6-3.7) เนื่องจากความแตกต่างในการตกตะกอนทับถมของตะกอนน้ำพาในแต่ละช่วง (Gerrard, 1992) โดยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มเนื้อละเอียดและมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่าง ส่งผลให้ดินส่วนใหญ่มีความหนาแน่นรวมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในชั้นดินล่าง (รูปที่ 3.8) ร่วมกับการมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าในดินบน ทั้งนี้ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำภายในดิน ซึ่งควบคุมโดยปัจจัยที่สำคัญคือ ลักษณะเนื้อดิน โดยทั่วไปดินเนื้อหยาบจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำในหน้าตัดดินเร็วกว่าดินเนื้อละเอียด (Butzer, 1976) และโครงสร้างดินซึ่งมีผลต่อปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่และความต่อเนื่องของช่องว่างในดิน (Brady and Weil, 2008) ทำให้ดินในบริเวณที่ลุ่มส่วนใหญ่มีสภาพการนำน้ำช้า โดยเฉพาะในชั้นดินล่าง อย่างไรก็ตาม ชั้นดินบนในบางบริเวณของดินที่ดอน (KUI 2) และที่ลุ่มทั้งบริเวณที่ได้ผลดี (RLI 3) และได้ผลไม่ดี (KLM 21) มีสภาพการนำน้ำของดินเร็ว (รูปที่ 3.9) คาดว่าเนื่องจากมีการมีช่องว่างขนาดใหญ่ที่ต่อเนื่องซึ่งที่เกิดจากกิจกรรมของรากพืชและไส้เดือนดิน

สมบัติทางเคมีของดินสอดคล้องกับการพัฒนาการของดิน ที่มีการชะละลายสูงและพัฒนามานาน ทำให้ดินมีความเป็นกรดจัดตลอดหน้าตัดดิน (ตารางที่ 3.4) แต่อยู่ในช่วงที่ยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ (3.8-6.0) (นุชนารถ, 2552; Yogaratnam, 2000) ค่าพีเอชดินที่วัดได้จากน้ำ

จะมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จากสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (รูปที่ 3.10) ส่วนใหญ่สูงกว่าประมาณหนึ่งหน่วย แสดงให้เห็นว่าผลรวมประจุสุทธิของดินมีผลลัพท์ของประจุในดินรวมเป็นลบ (Sanchez, 1976) ปริมาณเบสแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 3.4) และปริมาณกรดแลกเปลี่ยนได้ในดิน (รูปที่ 3.14) บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการชะละลายแคตไอออนสภาพต่างและการแทนที่ของแคตไอออนในสภาพกรด ที่พบส่วนใหญ่ในดินคือไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมไอออน (Czepinska-Kaminska, 2003; Brady and Weil, 2008) และสมบัติด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน (อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอิ่มตัวเบส) มีค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติโดยทั่วไปในดินเขตร้อน (Kanket *et al.*, 2005; Watana *et al.*, 2005; Thanachit *et al.*, 2006; Navarrete *et al.*, 2007) โดยเฉพาะสมบัติด้านการแลกเปลี่ยนของดิน ส่วนใหญ่ถูกควบคุมโดยอนุภาคขนาดดินเหนียวที่เป็นแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์จัดเป็นแร่ที่มีกิจกรรมต่ำ (อัญชลี, 2553; Kanket *et al.*, 2005) ซึ่งได้มีรายงานลักษณะทางแร่ของดินในภาคใต้ทั้งในที่ดอนที่มีการใช้ประโยชน์เป็นสวนยางพาราและไม้ผล และที่ลุ่มที่ใช้ประโยชน์ในการทำนาข้าว ว่ามีแร่เคโอลิไนต์เป็นแร่เด่นในอนุภาคขนาดดินเหนียว (Trakoonyingcharoen, 2005; Watana, 2005)

เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารตามระดับความเหมาะสมสำหรับยางพารา (นุชนารถ, 2552) จากผลวิเคราะห์ดินทางเคมีของบริเวณชั้นดินบน (0-30 เซนติเมตร) จะเห็นได้ว่า ดินส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ในระดับต่ำโดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งในดินทุกบริเวณมีอยู่ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของยางพารา ยกเว้นที่ลุ่มบริเวณ NLM 1 มีไนโตรเจนอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ( $11-25 \text{ g kg}^{-1}$ ) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ( $11-30 \text{ mg kg}^{-1}$ ) มีเพียงในที่ลุ่มบริเวณ KLI 17 และ NLI 7 โดยในชั้นดินล่างของบริเวณเหล่านี้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากนั้น คาดว่าเป็นผลเนื่องจากการใส่ปุ๋ย ทำให้เกิดการสะสมของฟอสฟอรัส เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ยากในดินและโดยทั่วไปจะอยู่ใกล้กับบริเวณที่ใส่ลงไป (Prasad and Power, 1997) มีการสูญเสียไปโดยการชะละลายและระเหิดได้น้อยมาก แต่อาจสูญเสียโดยการกร่อนของผิวหน้าดิน (Zhang *et al.*, 2003; Hahn *et al.*, 2012) นอกจากนี้ ในหลายบริเวณยังคงมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่เพียงพอสำหรับยางพารา โดยในที่ดอนพบในบริเวณที่เป็นที่ดินต้น (NUI 30) มีชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินที่กำลังผุพังสลายตัวอยู่ในระดับค่อนข้างต้น (NUM 27) และดินมีเนื้อละเอียด (RUI 29) ส่วนในดินที่ลุ่มพบทั้งในบริเวณที่ได้ผลดี (KLI 17) และได้ผลไม่ดี (KLM 21, RLM 4) อย่างไรก็ตาม ที่ลุ่มบริเวณ NLI 7 และ RLI 9 มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงเกินระดับที่เหมาะสมสำหรับยางพารา แต่ในชั้นดินล่างของบริเวณเหล่านี้มีปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากนั้น คาดว่าเป็นผลจากการใส่ปุ๋ย แม้ว่าโพแทสเซียมจะเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ค่อนข้างง่าย (Prasad



and Power, 1997) และอยู่ในสภาพที่มีการชะละลายต่อเนื่อง หากมีการใส่ปุ๋ยโพแทชต่อเนื่องในปริมาณมากสามารถทำให้มีการสะสมอยู่ในดินบนได้ (Yin and Vyn, 2004; Zhang *et al.*, 2009) ซึ่งอาจส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมของยางพาราได้

ปริมาณธาตุอาหารรองในดินที่ตอนส่วนใหญ่ พบว่ามีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับวิกฤต ( $\leq 0.30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับยางพารา ยกเว้นบริเวณ RUI 29 มีธาตุทั้งสองอยู่ในระดับเพียงพอ โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกดินและสัมพันธ์กับชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน (ตารางที่ 3.4) ดังนั้นชั้นของตะกอนน้ำพาของบริเวณดังกล่าวจึงมีแหล่งที่จะให้แคลเซียมและแมกนีเซียมในดินเมื่อผุพังสลายตัว ในขณะที่ดินบริเวณที่ลุ่มส่วนใหญ่ มีปริมาณแคลเซียมเพียงพอแต่ก็มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่าระดับที่ยางพาราต้องการ โดยพบทั้งบริเวณที่ได้ผลดีและได้ผลไม่ดี นอกจากนี้ ที่ลุ่มบริเวณ NLM 10 และ RLI 3 ซึ่งเป็นแปลงยางพาราที่ได้ผลดี มีปริมาณธาตุทั้งสองอยู่ในปริมาณต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับยางพารา

#### แนวทางการจัดการดินสำหรับการปลูกยางพารา

เมื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ศึกษาโดยใช้สมบัติทางเคมีบางประการ ทำให้ดินทุกบริเวณ (ยกเว้น NLI 7 และ RLI 9) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีความเหมาะสมตามศักยภาพของดินอยู่ในระดับดี มีข้อจำกัดเพียงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของยางพารา ปุ๋ยจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของยางพาราอย่างยั่งยืน ซึ่งตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยของสถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554) สำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในดินร่วนเหนียวและดินร่วนทราย ได้แนะนำปุ๋ยสูตร 20-8-20 ในอัตราปุ๋ยที่ใช้แตกต่างกันตามชนิดเนื้อดินและอายุของต้นยางพารา ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดใช้สูตร 29-5-18 ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และเนื่องจากดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ จึงควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราอย่างน้อย 2 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราแนะนำ นอกจากนี้ ในบริเวณที่มีทั้งปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ (KUI 2, KUM 1, NUI 30, NUM 27, NLM 10 และ RLI 3) ควรเพิ่มธาตุทั้งสองในรูปของปูนโดโลไมท์ แต่ในหลายบริเวณที่มีแมกนีเซียมต่ำเพียงอย่างเดียว (KLM 26, KLM 21, NLI 7, NLI 9, NLM 1, RUM 25, RLM 7, RLI 9 และ RLM 4) อาจใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในรูปของแมกนีเซียมซัลเฟต หรือคีเซอไรท์ (MgO) (นุชนารถ, 2552) สำหรับบริเวณ NLI 7 และ RLI 9 ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และมีความเหมาะสมตามศักยภาพอยู่ในระดับดีมาก แต่อย่างไรก็ตาม ควรเพิ่มธาตุไนโตรเจนและแมกนีเซียมในทั้งสองบริเวณ และฟอสฟอรัสในบริเวณ RLI 9 ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับยางพารา

จะเห็นได้ว่าระดับธาตุอาหารในดินของบริเวณที่ศึกษาส่วนใหญ่ มีปริมาณต่ำกว่าระดับที่ ยางพาราต้องการโดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก โดยบริเวณลุ่มจะพบทั้งในแปลงยางพาราที่ได้ผลดีและ ได้ผลไม่ดี และแปลงที่ได้ผลไม่ดีแต่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและมีศักยภาพอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งพบในบริเวณ RLI 9 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณธาตุอาหารในดินไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อ การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของยางพาราในดินที่ลุ่ม แต่เป็นระยะเวลาของการมีน้ำแช่ขังบนผิวดิน เห็นได้ชัดเจนในดินที่ลุ่มบริเวณ NLI 7 ซึ่งเป็นแปลงที่ได้ผลดีมีน้ำแช่ขังผิวดินหน้าดินเป็นช่วงสั้น กว่าบริเวณที่ได้ผลไม่ดี และในแปลงที่ได้ผลดีบริเวณอื่นดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

อย่างไรก็ตาม ดินในที่ลุ่มทุกบริเวณมีสภาพปัจจุบันไม่เหมาะสมสำหรับปลูก ยางพาราอย่างยั่งยืน เนื่องจากมีข้อจำกัดรุนแรงเรื่องการมีน้ำแช่ขังบนผิวดินในช่วงฤดูฝน และ รongลงมาคือดินมีสภาพการระบายน้ำเร็ว แต่เนื่องจากการปลูกยางพาราทำรายได้ให้แก่เกษตรกรได้ มากกว่าการปลูกข้าวในที่ลุ่มเหล่านี้ ทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปในที่ลุ่ม ด้วยเหตุนี้ การ ใช้พื้นที่ลุ่มในการปลูกยางพารา ต้องพิจารณาระดับและการขึ้นลงของน้ำใต้ดินในแต่ละพื้นที่ โดย หากพิจารณาจากดินที่ศึกษาบริเวณแปลงยางพาราที่ได้ผลดี พื้นที่ลุ่มที่น่าจะมีศักยภาพในการปลูก ยางพาราได้ ควรมีน้ำใต้ดินอยู่ในระดับลึกกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน และมีน้ำแช่ขังผิวดิน เป็นช่วงสั้นๆ ซึ่งพบในบริเวณ KLI 17, KLM 26 และ NLI 7 หรือหากในตอนล่างของดินมีน้ำแช่ขัง นานขึ้น แต่ตอนบนของชั้นดินในช่วง 0-25/35 เซนติเมตร ต้องไม่มีน้ำแช่ขัง ซึ่งพบในบริเวณ NLM 10, RLI 3 และ RLM 7 แต่ควรเลือกพันธุ์ยางพาราที่นำมาปลูกให้เหมาะสมกับพื้นที่ โดย สถาบันวิจัยยาง (2554) ได้แนะนำพันธุ์ยางที่ปลูกได้ในพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้น ได้แก่ พันธุ์ BPM 24, PB 255 และ PB 260 และต้องมีการปรับปรุงพื้นที่เพื่อควบคุมระดับของน้ำใต้ดิน และการระบาย น้ำออกจากพื้นที่ปลูกโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เช่น การยกร่องและทำทางระบายน้ำออกจากพื้นที่ให้ ลึกกว่าระดับของน้ำใต้ดิน ซึ่งถือเป็นการแก้ไขระดับง่าย เกษตรกรลงทุนแก้ไขได้ด้วยตัวเอง ร่วมกับ การเพิ่มอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของดินให้มีความร่วนซุยขึ้น เพื่อให้มีการ ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศในตอนบนของดินดีขึ้น โดยเฉพาะที่ระดับความลึก 0-30/40 เซนติเมตร ซึ่งเป็นบริเวณที่รากยางพาราที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ราบมีความหนาแน่นมาก (ราตรี, 2535) โดยเฉพาะที่ ระดับ 0-10 เซนติเมตร เป็นช่วงที่มีกิจกรรมของรากยางพารามากที่สุดและลดลงตามความลึกจนถึง ที่ระดับ 90 เซนติเมตร (George *et al.*, 2009) ทั้งนี้ การปรับปรุงสภาพการระบายน้ำของพื้นที่ ดังกล่าวต้องสามารถแก้ไขปัญหาในระยะยาวได้ มิเช่นนั้นแล้วจะเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจและ เกิดความไม่ยั่งยืนในการใช้พื้นที่

สำหรับบริเวณที่ลุ่มที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้นมากหรือลึกกว่า 1 เมตร แต่ในช่วงหนึ่งของปี ที่ น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นสูงและน้ำแช่ขังทั้งหน้าตัดดินเป็นระยะเวลานาน ไม่ควรนำมาปลูกยางพารา

เนื่องจากการปรับปรุงพื้นที่โดยการยกทรง และการควบคุมระดับน้ำในร่องน้ำไม่ให้สูงหรือการระบายน้ำออก ตลอดจนการป้องกันไม่ให้น้ำท่วมขังในพื้นที่ต้องลงทุนสูง และในระยะยาวหากขาดการจัดการที่ดีพออาจมีปัญหาได้ ซึ่งมีรายงานว่า ยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้นกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ยืนต้นตายเมื่ออายุระหว่าง 2-5 ปี ขึ้นอยู่กับการระบายน้ำออกจากแปลงปลูก (นลินี และคณะ, 2549 อ้างโดย นุชนารถ, 2552)

## สรุป

การศึกษาสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ ลักษณะสัณฐาน และสมบัติทางกายภาพและเคมีในดินปลูกยางพารา พบว่าดินในพื้นที่ตอนมีสภาพภูมิประเทศที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชันในระบบของที่ลาดเชิงเขาและตะพักลำน้ำ มีวัตถุต้นกำเนิดดินแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ เศษหินเชิงเขา วัสดุตกค้างของหินทรายและตะกอนน้ำพา และมีระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 100 เซนติเมตรจากผิวดิน ลักษณะดินเป็นดินลึก มีพัฒนาการสูง ยกเว้นบริเวณที่เป็นลูกคลื่นลอนชันจะเป็นดินตื้น มีกรวดปนมากและดินมีพัฒนาการต่ำ ดินมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลปนเหลืองหรือส้มปนเหลือง ไม่พบจุดประในหน้าตัดดิน มีสภาพการระบายน้ำดี ยกเว้นดินในที่ราบลูกคลื่นลอนลาด ตะกอนน้ำพามีการระบายน้ำดีปานกลาง พบจุดประในตอนล่างของดินเนื่องจากอิทธิพลจากการขังลงของน้ำใต้ดิน ดินปลูกยางพาราในพื้นที่ลุ่มมีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบหรือเกือบราบอยู่ในระบบของตะพักลำน้ำและส่วนใหญ่เป็นตะพักขั้นต่ำ ดินทุกบริเวณมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา ระดับน้ำใต้ดินในบริเวณที่ลุ่มได้ผลดีพบที่ระดับ 50 เซนติเมตรลงไปถึงลึกมากกว่า 150 เซนติเมตร และบริเวณที่ลุ่มได้ผลไม่ดีจะมีระดับน้ำใต้ดินตั้งแต่ 10-113 เซนติเมตรจากผิวดิน ลักษณะดินเป็นดินลึก มีพัฒนาการสูง บางบริเวณพบการสะสมสารเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต และชั้นพลินไทด์หรือศิลาแลงอ่อน สีดินในที่ลุ่มมีสีอ่อนกว่าดินที่ตอน ในลักษณะสีเทาและมีจุดประในหน้าตัดดินเนื่องจากการระบายน้ำเร็ว มีน้ำแช่ขังในดินในช่วงหนึ่งของปี โดยบริเวณที่ลุ่มได้ผลดี ลักษณะสีดินและจุดประจะแสดงถึงการมีน้ำแช่ขังในหน้าตัดดินเป็นระยะเวลาสั้น ๆ หรือไม่มีน้ำแช่ขังในตอนบนของหน้าตัดดินที่ช่วงความลึก 0-25/35 เซนติเมตร ส่วนแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดีจะมีสภาพน้ำแช่ขังนานหรือมีช่วงแห้งสั้น

เนื้อดินในบริเวณที่ดินตอนส่วนใหญ่ มีเนื้อหยาบกว่าดินในบริเวณที่ลุ่ม ดินส่วนใหญ่มีความหนาแน่นรวมค่อนข้างสูงและชั้นดินล่างมีค่าสูงกว่าดินบน มีสภาพน้ำน้ำซ้าและมีแนวโน้มลดลงในชั้นดินล่างโดยดินที่ตอนมีสภาพน้ำน้ำเร็วกว่าดินที่ลุ่ม สมบัติทางเคมีของดิน โดยทั่วไปดินมีสภาพเป็นกรด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินอยู่ในระดับต่ำ สมบัติด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่

อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอึดตัวเบส มีค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น ดินส่วนใหญ่ทั้งในที่ดอนและที่ลุ่มจึงมีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ในระดับต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของยางพาราโดยเฉพาะไนโตรเจน ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม ในดินที่ดอนส่วนใหญ่มีไม่เพียงพอสำหรับยางพารา ในขณะที่ดินที่ลุ่มส่วนใหญ่ มีปริมาณแคลเซียมเพียงพอแต่ก็มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่าระดับที่ยางพาราต้องการ

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าดินทั้งในที่ดอนและที่ลุ่มมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ ยกเว้นดินที่ลุ่มบริเวณ NLI 7 และ RLI 9 จะมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง ความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกยางพาราตามสภาพปัจจุบัน พบว่าดินที่ดอนส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในระดับเหมาะสมดี มีข้อจำกัดเพียงความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ แต่บริเวณที่เป็นดินลี้กปานกลางมีชั้นหินผุจะมีความเหมาะสมปานกลาง และบริเวณที่เป็นดินต้นจัดอยู่ในระดับไม่ค่อยเหมาะสม ดินที่ลุ่มทุกบริเวณมีสภาพไม่เหมาะสมสำหรับยางพารา มีข้อจำกัดรุนแรงเรื่องการมีน้ำแช่ขังบนผิวดิน รองลงมาคือ ดินมีสภาพการระบายน้ำเร็ว แต่หากดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็วจัดว่าดินจะมีความเหมาะสมปานกลาง อย่างไรก็ตาม ความเหมาะสมตามศักยภาพของดินทั้งที่ดอนและที่ลุ่ม พบว่าอยู่ในระดับดี มีข้อจำกัดเพียงความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ แต่บริเวณที่ลุ่มซึ่งดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางจะมีความเหมาะสมตามศักยภาพในระดับดีมาก

## บทที่ 4

### สถานะธาตุอาหารกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพารา ที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอน

#### คำนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลก เมื่อปี พ.ศ. 2554 ไทยส่งออกยางพาราจำนวน 2.77 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555ก.) คิดเป็นมูลค่า 440,890 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555ข.) ประเทศไทยเริ่มปลูกยางครั้งแรกในปี พ.ศ. 2442-2444 โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) เจ้าเมืองตรังในขณะนั้นได้นำเมล็ดยางพาราจากรัฐเปอร์ ประเทศมาเลเซียมาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง จากนั้นก็ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางไปทั่วทั้ง 14 จังหวัดในภาคใต้ และ 3 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยาง 18,761,231 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555ก.) พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา ควรสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 600 เมตร เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่เกิน 35 องศา เป็นดินร่วนเหนียวถึงดินร่วนทรายและไม่เป็นดินที่มีผลจากเกลือ หน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร มีการระบายน้ำดี มีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่าผิวดินมากกว่า 1 เมตร (สถาบันวิจัยยาง, 2550) อย่างไรก็ตาม ความต้องการใช้ยางของโลกเพิ่มขึ้น ทำให้ราคายางสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางมากขึ้น โดยพื้นที่เหล่านั้นอาจไม่เหมาะสมต่อการปลูกยาง เช่น เป็นดินทราย มีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าร้อยละ 1 เป็นดินที่มีชั้นลูกรัง (นุชนารถ, 2548) นอกจากนี้ ยังพบปัญหาการปลูกยางพาราในพื้นที่นาเดิม จังหวัดพัทลุง ทั้งพื้นที่นาลุ่มและนาที่ดอนซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา เนื่องจากมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดินมาก โดยเฉพาะในนาลุ่มที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีรายงานโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดพัทลุงว่า ในปี พ.ศ. 2549 จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ปลูกยางพารา 1.4 ล้านไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกยางในที่นาเดิม 87,617 ไร่ (ชุมสินธุ์, 2553)

ยางพาราที่ปลูกในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ต้นยางเจริญเติบโตช้าและเปิดกรีดให้ช้ากว่ายางพาราที่ปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสม การเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับพันธุ์ยางและพื้นที่ปลูกยางซึ่งครอบคลุมถึงดินและภูมิอากาศ จากการทดสอบปลูกยางในหลายพื้นที่ พบว่า ในเขตภูมิอากาศที่ 3 ซึ่งเป็นเขตที่มีศักยภาพค่อนข้างต่ำ ถ้าปลูกตามวิธีการปกติร่วมกับการปลูกพืชคลุมดิน ต้นยางอาจเปิดกรีดได้เมื่ออายุ 8 ปี 6 เดือน แต่ถ้าปลูกในสภาพดินดีและมีการจัดการที่ดี ต้นยาง

อาจเปิดกรีดได้เมื่ออายุ 7 ปี (สุจินต์ และคณะ, 2536) ปัญหาหลักของการปลูกยางพาราในที่ลุ่ม คือ การมีระดับน้ำใต้ดินตื้น ยางพาราเป็นพืชที่ชอบดินที่มีการระบายน้ำดีถึงค่อนข้างดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ในระยะ 1-3 ปีแรกของการปลูกในที่ลุ่มต้นยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดีเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นทำให้ต้นยางพาราได้รับความชื้น และสามารถดูดใช้ธาตุอาหารตลอดจนเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ แต่เมื่อต้นยางพาราโตขึ้น ระบบรากมีการพัฒนาและขยายหยั่งลงไปดินได้เพิ่มขึ้น ก็จะทำให้เกิดการจำกัดของระบบรากเนื่องจากแช่ขังอยู่ในน้ำ ส่งผลให้รากพืชขาดออกซิเจน ดังนั้น จึงมีการเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ หรืออาจรุนแรงอาจทำให้ยืนต้นตาย โดยยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาตอนส่วนใหญ่จะยืนต้นตายเมื่ออายุไม่เกิน 7-10 ปี ส่วนยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาลุ่มจะยืนต้นตายเมื่ออายุ 2-5 ปี (ปราโมทย์ และคณะ, 2527; ชุมสินธุ์, 2553) นอกจากนี้ ยางพาราที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มยังมีโอกาสเกิดโรครากขาว และมีโอกาสรุนแรงของโรคสูงกว่าในดินที่มีการระบายน้ำดีประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ (ปราโมทย์ และสมเจตน์, 2530)

มีรายงานว่า ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2551/2552 มีพื้นที่นา 78,619,362 ไร่ และพื้นที่นาร้าง 1,340,914 ไร่ สำหรับในภาคใต้มีพื้นที่นาในปี พ.ศ. 2551/2552 จำนวน 2,060.739 ไร่ และมีพื้นที่นาร้าง 600,136 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ในพื้นที่นาร้างในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาที่มีปริมาณน้ำน้อยทำให้ปลูกข้าวไม่ได้ผล เกษตรส่วนใหญ่จึงใช้พื้นที่ดังกล่าวปลูกยางพารา สำหรับจังหวัดสงขลามีพื้นที่ปลูกยาง 1.44 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.52 ของพื้นที่ปลูกยางทั้งประเทศ (สถาบันวิจัยยาง, 2553) และมีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราในที่ลุ่มอย่างต่อเนื่อง มีการศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตของยางพาราในพื้นที่นาร้างและที่ดอนในอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง พบว่า ยางพารามีการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณรีดิวซ์ไธออล (reduced thiol) ในน้ำยาง เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง น้ำหนักสด เส้นรอบวงของลำต้น และความยาวรากต่ำกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอนในบริเวณเดียวกัน (ระวี และอิบรอเฮม, 2553)

แม้ว่าการปลูกยางพาราในที่ลุ่มหรือนาร้างจะไม่เหมาะสม แต่เกษตรกรโดยทั่วไปในภาคใต้มักจะนำพื้นที่ดังกล่าวมาใช้ปลูกยางพารา โดยในบางพื้นที่ก็ได้ผลใกล้เคียงกับที่ดอน แต่ในหลายพื้นที่ก็ได้ผลไม่ดี ดังนั้น จึงทำการศึกษาถึงสถานะธาตุอาหารในดินและในใบรวมทั้งสมบัติทั่วไปของดินกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มที่ได้ผลดีและไม่ดีเทียบกับในที่ดอนบริเวณใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดินในที่ลุ่มให้เหมาะสมต่อการปลูกยางพารามากขึ้น

## วิธีการศึกษา

ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่ม (นาร้าง) และที่ดอนในจังหวัดสงขลา โดยสำรวจสวนยางพาราบริเวณอำเภอคลองหอยโข่ง นาทวี และรัตภูมิ ใน

จังหวัดสงขลา เพื่อคัดเลือกสวนยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอน โดยพิจารณาจากสภาพที่ การเจริญเติบโตโดยทั่วไป และขนาดเส้นรอบวงลำต้น ประกอบด้วย 1) แปลงที่ลุ่มได้ผลดี 2) แปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี และ 3) แปลงที่ดอน โดยมีทั้งแปลงในระยะก่อนเปิดกรีด (อายุ 4 ปี) และหลังเปิดกรีด (อายุ 9 ปี) อย่างละ 1 แปลง ทำ 3 ซ้ำ โดยใช้อำเภอละ 1 ซ้ำ รวมทั้งหมด 18 แปลง ทำการศึกษาสภาพพื้นที่และลักษณะทั่วไปของดิน เก็บตัวอย่างดิน ใบ น้ำยาง และบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำยางดังนี้

**การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ดิน** ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยไม่ถูกรบกวนที่ระดับความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยใช้กระบอกเก็บดินระดับความลึกละ 2 ตัวอย่างต่อแปลง เพื่อนำไปวัดค่าสภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยใช้ variable head method (Klute and Dirksen, 1986) และความหนาแน่นรวมโดย core method (Gee and Bauder, 1986) และเก็บดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร (นุชนารถ, 2551) โดยใช้สว่านเจาะดินแปลงละ 9 จุด จุดละประมาณ 300 กรัม โดยสุ่มเก็บแบบ X-Shape นำดินที่ได้จากแต่ละจุดมาคลุกเคล้ากัน แล้วแบ่งดินที่ได้ในแต่ละระดับตามความลึกมาประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละแปลง หลังจากนั้นนำดินไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ได้ใส่กระป๋องพลาสติกสำหรับนำไปวิเคราะห์ สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เนื้อดิน (hydrometer method) (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2553) ความเป็นกรดเป็นด่างและสภาพการนำไฟฟ้า (ดิน : น้ำ = 1 : 5) อินทรีย์วัตถุ (Walkley-Black method) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II method) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  extraction) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ammonium saturation method) ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำป๋เป็น, 2547) นอกจากนี้ วัดระดับน้ำใต้ดินเดือนละ 2 ครั้ง และเก็บดินที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 เซนติเมตร โดยเก็บห่างจากต้น 1 เมตร สวนละ 5 จุดในช่วงฤดูฝน (พ.ย. 54) และช่วงฤดูแล้ง (เม.ย. 55) เพื่อนำมาล้างและอบหาน้ำหนักแห้งของราก และบดรากเพื่อวิเคราะห์แมงกานีสโดยการย่อยด้วยกรดไนตริกผสมเพอร์คลอริก ( $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4 = 3:1$ ) และวัดด้วยวิธีการดูดกลืนแสงของอะตอม (atomic absorption spectrophotometry)

**การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ** เก็บตัวอย่างใบหลังจากยางพาราผลัดใบแล้ว 4 เดือน โดยเก็บจากหลังใส่ปุ๋ยแล้วอย่างน้อย 70 วัน (นุชนารถ, 2552) ในแต่ละแปลงเก็บใบจากต้นยาง 9 ต้น ต้นละ 4-6 ใบ ยางพาราก่อนเปิดกรีด ใบที่เก็บต้องเป็นกิ่งที่อยู่ใร่มเงาทั้งสองข้างของทรงพุ่ม ส่วนยางพาราที่เปิดกรีดแล้วใบที่เก็บเป็นใบของกิ่งใร่มระหว่างแถว โดยเก็บใบยางพาราที่ตำแหน่งคู่ล่างหรือใบที่ 1 และ 2 ของฉัตรแรก และเก็บใบจากบริเวณต้นยางพาราที่ทำกรีดดิน เก็บใบใส่ถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่างพืช หลังจากนั้นนำใบมาเช็ดกำจัดฝุ่น และอบที่อุณหภูมิ  $70^\circ\text{C}$  ประมาณ 2-3 วัน เมื่อตัวอย่างแห้งนำไปบด

ด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (mesh) เก็บไว้ในถุงกระดาษ สำหรับนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร โดยย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) และกลั่นหาไนโตรเจน (Kjeldahl method) ย่อยด้วยกรดไนตริกผสมเพอร์คลอริก สำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยทำให้เกิดสีด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต (vanadomolybdate method) วิเคราะห์โพแทสเซียมโดยใช้หลักการเปล่งแสงของอะตอม (atomic emission spectrophotometry) วิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี โดยวิธีการดูดกลืนแสงของอะตอม ส่วนกำมะถันโดยวิธีวัดความขุ่น (turbidimetric method) ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเป็น, 2547)

**การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์น้ำยาง** ทำการเก็บในช่วงเช้า (6.00-12.00 น.) โดยเก็บในช่วงฤดูฝน (ต.ค. 2554) และในช่วงฤดูแล้ง (มิ.ย. 2555) ในระยะก่อนใส่ปุ๋ยจากต้นยางพาราที่ทำการเก็บใบต้นละ 2 มิลลิลิตร (ประมาณ 30 หยด) จำนวน 9 ต้น โดยใช้เหล็กปลายแหลมเจาะทำมุมประมาณ 30 องศากับต้นยางพารา หากเป็นยางพาราก่อนเปิดกรีดจะทำการเจาะที่ความสูง 150 เซนติเมตร จากผิวดิน ส่วนยางพาราที่เปิดกรีดแล้วเจาะจากใต้รอยกรีดลงมา 5 เซนติเมตร แล้วใช้หลอดพลาสติกสอดเข้าไปเพื่อลำเลียงน้ำยาง ปล่อยน้ำยาง 2-3 หยดแรกทิ้ง รองรับน้ำยางด้วยหลอดแก้วขนาด 15 X 60 มิลลิเมตร ที่ใส่อยู่ในภาชนะที่บรรจุน้ำแข็งเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซูโครสในน้ำยาง นำน้ำยางที่เก็บได้จาก 9 ต้นมาผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี และธาตุอาหารในน้ำยาง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี จะทำการตกตะกอนเนื้อเยื่อทันทีในแปลง โดยการบีบอัดน้ำยาง 2 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้ว เดิมทีซีเอ (trichloroacetic acid) (2.5 % w/v TCA + 0.01 %w/v EDTA) ลงไป 18 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เนื้อเยื่อจับตัวกัน แล้วกรองเพื่อนำเนื้อเยื่อที่ใต้ไปรีดให้บาง และอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักยางแห้ง ส่วนของเหลวที่กรองได้เรียกว่า เซรัม (serum) นำไปเก็บในกระดิกน้ำแข็งเพื่อนำไปวิเคราะห์ซูโครส ไทออล และธาตุอาหาร วิเคราะห์ซูโครสโดยวิธีทำให้เกิดสีด้วยแอนโทรน (antrone method) ในสภาพที่เป็นกรด เพื่อให้น้ำตาลซูโครสเกิดการสลายตัวได้ฟรุคโทส (fructose) ซึ่งทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับแอนโทรน และน้ำตาลกลูโคส (glucose) ที่ต้องนำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้น (พเยาว์ และคณะ, 2546) ส่วนไทออลใช้วิธีทำให้เกิดสีเหลือง ด้วยวิธี Acid dinitro-dithio-dibenzoic โดยการเติม Dithionitrobenzoic acid (DTNB) เพื่อทำปฏิกิริยากับ Reduced thiol (R-SH) ซึ่งมีอยู่ในเซรัมน้ำยางเกิดเป็น 2-nitro-5-thiobenzoate (NTB) ซึ่งแตกตัวได้  $NTB^{2-}$  dianion ที่มีสีเหลืองแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Visible Spectrophotometer) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน (Owens and belcher, 1965) ส่วนธาตุอื่นๆ ได้แก่ อนินทรีย์ฟอสฟอรัส จะนำไปทำให้เกิดสีโดยวิธีวานาโดโมลิบเดตและวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เทียบกับสารละลายมาตรฐาน สำหรับธาตุโพแทสเซียม และแมกนีเซียมนำไปวิเคราะห์



หาปริมาณโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (atomic absorption spectrophotometer) โดยใช้เทคนิคการเปล่งแสงและการดูดกลืนแสงตามลำดับ ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเริญ, 2547)

**การเจริญเติบโตและผลผลิต** วัดขนาดเส้นรอบวงลำต้นยางพาราที่เปิดกรีดแล้วที่ระดับความสูง 170 เซนติเมตรจากผิวดินแปลงละ 50 ต้น บันทึกข้อมูลผลผลิตน้ำยางสดและของแข็งทั้งหมดเดือนละ 2 ครั้ง รวมทั้งชั่งน้ำหนักสดน้ำยางสดในฤดูแล้งและฤดูฝน ส่วนแปลงก่อนเปิดกรีดวัดที่ความสูง 150 เซนติเมตรจากผิวดิน นอกจากนั้น วัดขนาดเส้นรอบวงลำต้นที่อยู่เหนือรอยเท้าช้าง 20 เซนติเมตร ทั้งในยางพาราก่อนและหลังเปิดกรีด เพื่อประเมินน้ำหนักไม้ยางสด (กฤษดา, 2548) ปีละ 2 ครั้ง

**การวิเคราะห์ข้อมูล** นำข้อมูลการวิเคราะห์ดิน พืช และน้ำยางจากแปลงยางที่ปลูกในที่ดอน ที่ลุ่มที่ได้ผลดี และที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดีไปวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์โดยใช้อำเภอเป็นบล็อกและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยแยกกันระหว่างยางก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด

### ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบสภาพพื้นที่ ระดับน้ำใต้ดิน สมบัติของดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตยางพารา ธาตุอาหารไนโบและน้ำยางในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มที่ได้ผลดี และที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดี ได้ผลดังนี้

#### สภาพทั่วไปของพื้นที่และลักษณะทั่วไปของดิน

สภาพพื้นที่ในแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ทำการศึกษ พบว่า ในแปลงที่ดอนมีความลาดชันและระดับความสูงจากน้ำทะเลมากกว่าในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีและที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.1) สภาพพื้นที่เป็นตะพักลำน้ำระดับต่ำ (low alluvial terrace) เชิงเขา (foot slope) และที่ราบตะกอนน้ำพาในสภาพลูกคลื่นลอนลาด (alluvial undulating plain) ในขณะที่พื้นที่ลุ่มทั้งในแปลงที่ได้ผลดีและไม่ดีมีสภาพพื้นที่เป็นตะพักลำน้ำระดับต่ำ

ลักษณะเด่นของดินในแปลงที่ดอนในอำเภอคลองหอยโข่ง คือ เป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพาเก่า (old alluvium) เป็นดินลึก เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีการระบายน้ำดี มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในอำเภอรัตนภูมิเป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพา (alluvium) เป็นดินเหนียวลึกมากและพบจุดประสีน้ำตาลตั้งแต่ความลึก 25 เซนติเมตร ดินมีสภาพเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.5-5.5) ในขณะที่ดินที่ดอนในอำเภอนาทวีเป็นดินที่เกิดจากเศษหินเชิงเขา (colluvium) ของหินทรายและหินควอร์ตไซต์ มีลักษณะเป็นดินตื้น (40 ซม.) เป็นดินร่วนปนเหนียวมีก้อนกรวดปน มีการระบายน้ำดีและมีสภาพเป็นกรดจัดมาก ส่วน

ในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีและไม่ดีในทั้ง 3 อำเภอเป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพา ดินลึกมาก ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียว ดินมีการระบายน้ำเลว ดินส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรดถึงกรดจัดมาก ในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดีจะพบจุดประสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนแดงที่เกิดจากน้ำขังในระดับที่ใกล้ผิวดินมากกว่าในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดี

สภาพพื้นที่ในแปลงยางพาราหลังเปิดกรีดที่ทำการศึกษา พบว่า ในแปลงที่ดอนมีความลาดชันและระดับความสูงจากน้ำทะเลมากกว่าในที่ลุ่มที่ได้ผลดีและที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.2) เช่นเดียวกับในแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีด สภาพพื้นที่ดอนในอำเภอลองหอยโข่ง นาทวี และรัษฎามี เป็นตะพักลำน้ำตอนบน (higher part of alluvium terrace) ส่วนบนเชิงเขา (upper part of foot slope) และพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (residual undulating plain) ตามลำดับ ในขณะที่ในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีและไม่ดีเป็นตะพักลำน้ำระดับต่ำ

ลักษณะเด่นของดินในแปลงยางพาราหลังเปิดกรีด คือ ในแปลงที่ดอนในอำเภอลองหอยโข่งเป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพาเก่า (old alluvium) เป็นดินลึก เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ดินมีสภาพเป็นกรดจัดถึงจัดมาก ในอำเภอนาทวีเป็นดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินทรายปนอยู่กับหินควอร์ตไซต์ (residuum derived from sandstone/quartzite) เป็นดินลึกปานกลาง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีการระบายน้ำดี มีสภาพเป็นกรดจัดมาก ส่วนในอำเภอรัษฎามีเป็นดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินทรายเป็นดินลึก เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ดินมีสภาพเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0) สำหรับดินในที่ลุ่มทั้งแปลงที่ได้ผลดีและไม่ดีเกิดจากตะกอนน้ำพา เป็นดินลึก มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ร่วนเหนียว หรือร่วนเหนียวปนทราย ดินมีการระบายน้ำเลว มีชั้นสะสมดินเหนียวในหน้าตัดดิน ดินมีสภาพการขังน้ำและระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้น พบจุดประในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีอยู่ลึกกว่าในแปลงที่ได้ผลไม่ดี ในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดีส่วนใหญ่พบจุดประภายในระดับความลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตรค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.1 สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และลักษณะเด่นของดินบริเวณแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีดในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

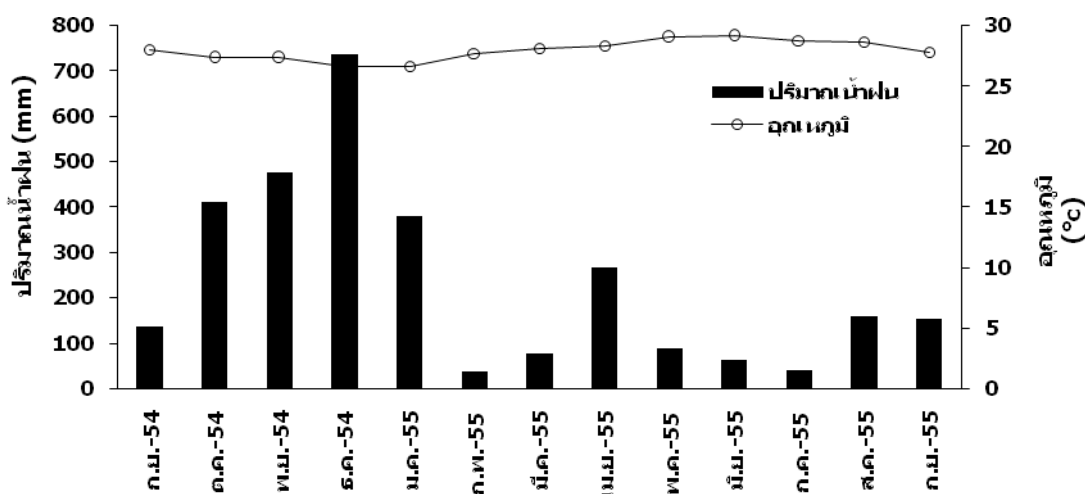
ลักษณะพื้นที่	อำเภอ	พิกัดภูมิศาสตร์	ความลาดชัน (%)	ระดับความสูง (ม.)	ภูมิลักษณะ	วัตถุต้นกำเนิดดิน	ลักษณะเด่นของดิน
ที่ตอน	คลองหอยโข่ง	47 0653762 E 0757603 N	4	44	Low terrace	Old alluvium	เป็นดินลึก ดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลตลอดหน้าตัดดิน การระบายน้ำดี ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0)
	นาทวี	47 0681579 E 0746722 N	9	58	Footslope	Colluvium of sandstone and quartzite rocks	เป็นดินตื้น ความลึกของชั้นดิน 40 เซนติเมตร พบก้อนกรวดปน ดินร่วนปนเหนียวสีน้ำตาลปนเหลือง ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียว สีส้มและสีส้มเหลือง การระบายน้ำดี ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
	รัตภูมิ	47 0643963 E 0784660 N	4	38	Alluvial undulating plain	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาหรือสีเทาปนน้ำตาล ชั้นดินล่างพบจุดประสีส้มและสีน้ำตาลที่ระดับความลึกตั้งแต่ 25 เซนติเมตร ปฏิกริยาเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5)
ที่ลุ่มได้ผลดี	คลองหอยโข่ง	47 0656784 E 0762113 N	1	18	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินเหนียว สีส้มเหลืองและสีน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีน้ำตาลปนแดงที่เกิดจากรากเล็กน้อยภายใน 0-32 เซนติเมตร และพบจุดประสีน้ำตาลปนแดงที่เกิดจากน้ำขังปานกลางตั้งแต่ความลึก 32 เซนติเมตร ดินมีการระบายน้ำเร็ว ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0)
	นาทวี	47 0685580 E 0747415 N	2	28	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินร่วนเหนียว สีเทาปนน้ำตาล พบจุดประที่เกิดจากราก สีน้ำตาลปนแดงเล็กน้อยภายใน 0-32 เซนติเมตร และพบจุดประสีส้มที่เกิดจากน้ำขังปริมาณค่อนข้างมาก ตั้งแต่ความลึก 32 เซนติเมตร การระบายน้ำเร็ว ชั้นดินล่างที่ระดับความลึกตั้งแต่ 110 เซนติเมตร พบสารก้อนกลมและมวลสารพอกของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.0-5.0)
	รัตภูมิ	47 0640107 E 0787150 N	1	22	Erosional low terrace	Local alluvium over residuum derived from sandstone	เป็นดินลึกมาก ดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนเทา ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีสีเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีส้มเหลืองปานกลางที่เกิดจากน้ำขังตั้งแต่ความลึก 35 เซนติเมตร ดินมีการระบายน้ำเร็ว ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0)
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	คลองหอยโข่ง	47 0656924 E 0762420 N	1	18	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินเหนียวปนทรายแข็ง สีเทาปนน้ำตาล พบจุดประสีน้ำตาลปานกลางที่ระดับความลึก 0-32 เซนติเมตร ส่วนดินล่าง มีสีเทาปนเหลือง พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองปริมาณมากที่ระดับความลึกตั้งแต่ 32 เซนติเมตร การระบายน้ำเร็ว ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
	นาทวี	47 0686096 E 0747484 N	1	27	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินร่วนเหนียว สีส้มเหลืองและสีเทาปนน้ำตาล การระบายน้ำเร็ว พบจุดประที่เกิดจากน้ำขังสีส้มปานกลางที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ส่วนดินล่างสีเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนแดงและสีส้มปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 30-79 เซนติเมตร และพบสารก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนตที่ระดับความลึก 79-130 เซนติเมตร ดินมีสภาพเป็นต่างปานกลาง (pH 8.0)
	รัตภูมิ	47 0640137 E 0787838 N	1	31	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินเหนียว สีเทาปนน้ำตาล พบจุดประสีน้ำตาลมากและสีน้ำตาลปนแดงปานกลาง ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวปนทรายแข็ง มีสีเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีน้ำตาลปนแดงปริมาณค่อนข้างมากตลอดหน้าตัดดิน การระบายน้ำเร็ว ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5)

ตารางที่ 4.2 สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และลักษณะเด่นของดินบริเวณแปลงยางพาราหลังเปิดกรีดในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

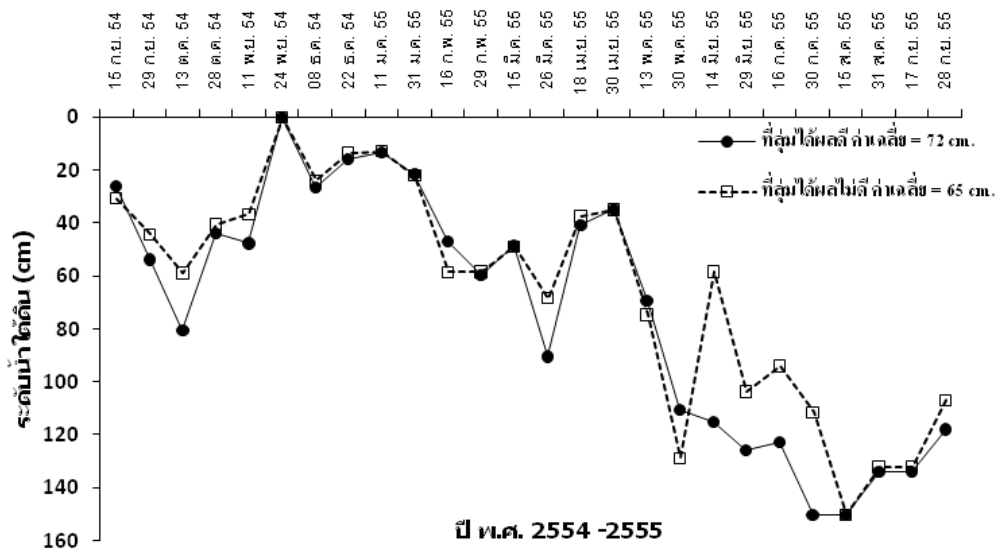
ลักษณะพื้นที่	อำเภอ	พิกัดภูมิศาสตร์	ความลาดชัน (%)	ระดับความสูง (ม.)	ภูมิลักษณะ	วัตถุดิบกำเนิดดิน	ลักษณะเด่นของดิน
ที่ดอน	คลองหอยโข่ง	47 0653761 N 0757567 E	4	44	Higher part of alluvial terrace	Old alluvium	เป็นดินลึก ดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลในชั้นดินบน และสีน้ำตาลปนเหลืองในชั้นดินล่าง การระบายน้ำดี ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5)
	นาทวี	47 0681619 N 0746512 E	8	67	Upper part of foot slope	Residuum derived from sandstone/ quartzite	เป็นดินลึกปานกลาง พบก้อนกรวดที่ระดับความลึกตั้งแต่ 60 เซนติเมตร ดินร่วนเหนียว สีน้ำตาลปนเหลือง ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนเหลืองและสีส้ม การระบายน้ำดี ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
	รัตภูมิ	47 0643842 N 0784682 E	4	47	Residual undulating plain	Residuum derived from sandstone	เป็นดินลึก มีก้อนกรวดในชั้นดินล่างลึก ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 105 เซนติเมตร ดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลและสีน้ำตาลปนเหลือง การระบายน้ำดี ดินมีสภาพเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)
ที่ลุ่มได้ผลดี	คลองหอยโข่ง	47 0657222 N 0762441 E	1	24	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึก ดินเหนียว สีน้ำตาล พบจุดประสีน้ำตาลเข้มปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ส่วนดินล่างมีสีน้ำตาลปนเทาและสีเทา พบจุดประสีส้มเหลืองและสีน้ำตาลปนแดงปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตร การระบายน้ำเร็ว ดินมีสภาพเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)
	นาทวี	47 0686592 N 0747707 E	1	36	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินร่วนเหนียว สีน้ำตาลและสีเทา ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวปนทราย แบ่ง สีน้ำตาลปนเหลืองและสีเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนแดงและสีน้ำตาลปนเหลืองปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตร การระบายน้ำเร็ว ชั้นดินล่างที่ระดับความลึกตั้งแต่ 129 เซนติเมตร มีสารกอนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ดินมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
	รัตภูมิ	47 0639770 N 0787400 E	2	36	Upper part of low terrace	Old alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลปนเทา ไม่พบจุดประที่เกิดจากน้ำขังแต่พบจุดประที่เกิดจากรากสีส้มปริมาณปานกลาง ที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร ส่วนดินล่างเป็นสีเทาปนน้ำตาลและสีเทา จุดประสีส้มเหลืองและสีน้ำตาลปนแดงปริมาณค่อนข้างมากถึงมากตลอดหน้าตัดดิน การระบายน้ำเร็ว ปฏิกริยาเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	คลองหอยโข่ง	47 0656824 N 0762763 E	1	24	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึก ดินร่วนเหนียว สีน้ำตาลปนเทา จุดประสีน้ำตาลปนแดงปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 0-35 เซนติเมตร ส่วนดินล่าง มีสีเทา จุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีน้ำตาลปนแดง ปริมาณค่อนข้างมาก ตลอดหน้าตัดดิน และที่ระดับความลึกตั้งแต่ 60 เซนติเมตร พบศิลาแลงอ่อน สีแดง การระบายน้ำเร็ว ปฏิกริยาเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)
	นาทวี	47 0685926 N 0747806 E	2	29	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินร่วนเหนียว สีน้ำตาลปนเทา จุดประมีสีน้ำตาลและสีน้ำตาลปนแดง ปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 0-32 เซนติเมตร ส่วนดินล่างมีสีเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีน้ำตาลปริมาณมากที่ระดับความลึกตั้งแต่ 32 เซนติเมตร การระบายน้ำเร็ว ปฏิกริยาเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.5-6.0)
	รัตภูมิ	47 0640397 N 0787397 E	1	32	Low terrace	Alluvium	เป็นดินลึกมาก ดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนแดงปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาลเหลืองปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตร การระบายน้ำเร็ว ปฏิกริยาเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.5-6.0)

### ปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน

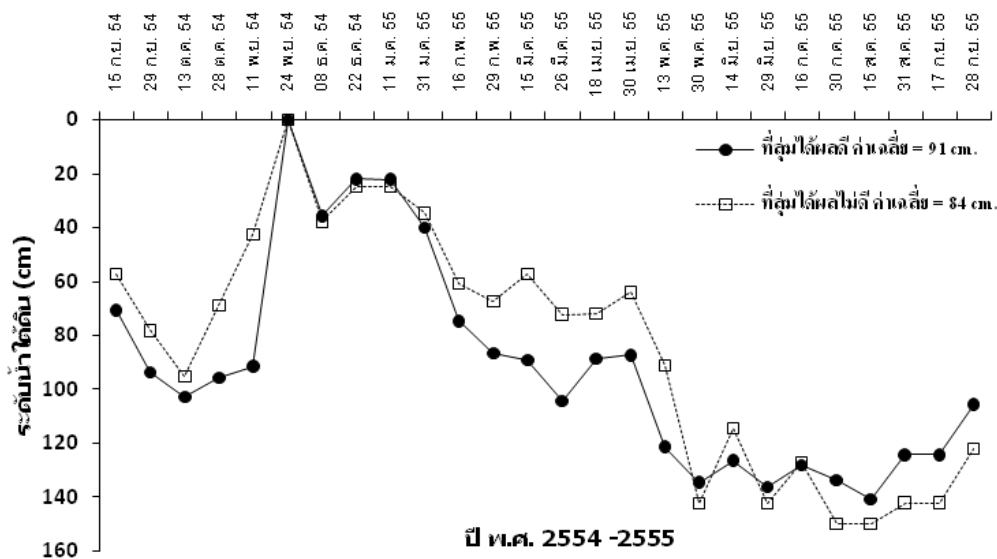
ในพื้นที่ทำการทดลอง มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบปี 3,017 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.93 องศาเซลเซียส ในช่วงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2554 ถึงมกราคม ปี พ.ศ. 2555 มีฝนตกสูงกว่าในเดือนอื่นๆ (รูปที่ 4.1) ทำให้ระดับน้ำใต้ดินในช่วงดังกล่าวอยู่ใกล้ผิวดิน โดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายนพบว่า ทั้งแปลงยางพาราก่อนและหลังเปิดกรีดในแปลงที่ลุ่มได้ผลและไม่ได้ผลไม่ดีมีน้ำท่วมขัง (รูปที่ 4.2 และ 4.3) และตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์เป็นต้นไประดับน้ำใต้ดินก็ค่อยๆ ลดลงสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน ระดับน้ำใต้ดินในแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ลุ่มที่ได้ผลดีมีค่าลึกกว่าในแปลงที่ได้ผลไม่ดีตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยมีระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยตลอดช่วงที่ทดลองเท่ากับ 72 และ 65 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 4.2) ส่วนในแปลงยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า ระดับน้ำใต้ดินในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีส่วนใหญ่ลึกกว่าในแปลงที่ได้ผลไม่ดี ยกเว้นในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2555 อย่างไรก็ตาม ระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองในแปลงได้ผลดีและไม่ดีเท่ากับ 91 และ 84 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 4.3) ในขณะที่แปลงที่ดอนระดับน้ำใต้ดินในฤดูฝนและฤดูแล้งต่ำกว่า 1 และ 1.5 เมตร



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในจังหวัดสงขลา ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 ถึงกันยายน พ.ศ. 2555



รูปที่ 4.2 ระดับน้ำใต้ดินในแปลงปลูกยางพารา ก่อนเปิดกรีดในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ดี



รูปที่ 4.3 ระดับน้ำใต้ดินในแปลงปลูกยางพารา หลังเปิดกรีดในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ดี

### สมบัติกายภาพของดิน

เนื้อดิน ดินในแปลงปลูกยางพาราในระยะก่อนเปิดกรีด (0-30 เซนติเมตร) ในที่ดอน และที่ลุ่ม ส่วนใหญ่จัดเป็นกลุ่มเนื้อดินใกล้เคียงกัน คือ ร่วนปนเหนียว ยกเว้นดินดอนในอำเภอคลองหอยโข่งที่มีเนื้อหยาบกว่าในที่ลุ่มมาก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากอนุภาคทราย พบว่า ดินในแปลงที่ดอนในแต่ละอำเภอมีอนุภาคทรายสูงกว่าดินในที่ลุ่ม แปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีมี

อนุภาคทรายสูงกว่าแปลงที่ให้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.3) ในแปลงที่ตอนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) และดินร่วนปนทราย (sandy loam) ส่วนในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีเป็นดินร่วนเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในขณะที่ในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดีเป็นดินร่วนเหนียวและดินเหนียว (clay) ส่วนในดินล่างในแปลงที่ตอนมีเนื้อดินละเอียดกว่าดินบน แต่ในแปลงที่ลุ่มทั้งที่ได้ผลดีและไม่ดีมีเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวและดินเหนียวเช่นเดียวกับดินบน สำหรับดินบนและดินล่างในแปลงปลูกยางพาราในระยะหลังเปิดกรีดในที่ตอนมีเนื้อดินเป็นกลุ่มเดียวกัน คือ เป็นดินร่วนเหนียวและดินร่วนปนทราย ดินดังกล่าวมีเนื้อดินหยาบกว่าดินในที่ลุ่มที่ได้ผลดีและไม่ดี (ตารางที่ 4.4) ซึ่งเป็นดินเหนียว ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และดินร่วนเหนียวปนทราย

**ความหนาแน่นรวม** ดินบนในแปลงปลูกยางพาราในระยะก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดในที่ตอนมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าในแปลงที่ลุ่ม ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยในแปลงก่อนเปิดกรีดในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี เท่ากับ 1.67, 1.57 และ 1.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความหนาแน่นในดินล่างของทุกแปลงมีค่าสูงกว่าดินบน โดยมีค่าเท่ากับ 1.78, 1.91 และ 1.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) สำหรับความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของดินบนในแปลงยางพาราในระยะหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดีมีค่าเท่ากับ 1.65, 1.69 และ 1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของดินล่างสูงกว่าดินบนเล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 1.69, 1.79 และ 1.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

**สัมประสิทธิ์การนำน้ำ** ดินบนในแปลงปลูกยางพาราในระยะก่อนเปิดกรีดในที่ตอนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำสูงกว่าในที่ลุ่ม ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำเฉลี่ยของดินบนในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี เท่ากับ 3.35, 2.57 และ 0.54 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนในดินล่างมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำลดลงเหลือ 1.70, 0.02 และ 0.03 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) สำหรับในแปลงยางพาราในระยะหลังเปิดกรีด พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในแปลงที่ตอนสูงกว่าในที่ลุ่ม ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำเฉลี่ยของดินบนในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดีเท่ากับ 2.04, 0.93 และ 1.32 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนในดินล่างมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำลดลงเหลือ 0.94, 0.12 และ 0.24 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 สมบัติกายภาพบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร  
ในแปลงปลูกยางพารา ก่อนเปิดกรีดในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

สภาพแปลง	อำเภอ (ซ้ำ)	อนุภาค (%)			เนื้อดิน	ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)	สัมประสิทธิ์การนำน้ำ (ซม./ซม.)
		Sand	Silt	Clay			
ความลึก 0-30 ซม.							
ที่ดอน	คลองหอยโข่ง	72	18	10	Sandy Loam	1.64	8.39
	นาทวี	38	35	27	Clay Loam	1.70	1.59
	รัตภูมิ	39	32	29	Clay Loam	1.68	0.06
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>50 ± 19</b>	<b>28 ± 9</b>	<b>22 ± 10</b>	<b>Sandy Clay Loam</b>	<b>1.67 ± 0.03</b>	<b>3.35 ± 4.43</b>
ลุ่มได้ผลดี	คลองหอยโข่ง	24	38	38	Clay Loam	1.45	0.03
	นาทวี	43	30	27	Clay Loam	1.62	0.02
	รัตภูมิ	73	21	6	Sandy Loam	1.65	7.67
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>47 ± 25</b>	<b>30 ± 9</b>	<b>23 ± 16</b>	<b>Loam</b>	<b>1.57 ± 0.11</b>	<b>2.57 ± 4.41</b>
ลุ่มได้ผลไม่ดี	คลองหอยโข่ง	26	39	35	Clay Loam	1.55	0.01
	นาทวี	23	40	37	Clay Loam	1.56	0.13
	รัตภูมิ	33	42	25	Loam	1.61	1.47
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>27 ± 5</b>	<b>40 ± 2</b>	<b>33 ± 7</b>	<b>Clay Loam</b>	<b>1.57 ± 0.03</b>	<b>0.54 ± 0.81</b>
ความลึก 30-60 ซม.							
ที่ดอน	คลองหอยโข่ง	74	15	11	Sandy Loam	1.89	1.34
	นาทวี	26	43	31	Clay Loam	1.72	3.67
	รัตภูมิ	22	54	24	Silt Loam	1.73	0.09
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>41 ± 29</b>	<b>37 ± 20</b>	<b>22 ± 10</b>	<b>Loam</b>	<b>1.78 ± 0.10</b>	<b>1.70 ± 1.82</b>
ที่ลุ่มได้ผลดี	คลองหอยโข่ง	24	41	35	Clay Loam	1.86	0.01
	นาทวี	45	30	25	Loam	1.76	0.04
	รัตภูมิ	61	29	10	Sandy Loam	2.10	0.01
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>43 ± 19</b>	<b>34 ± 7</b>	<b>23 ± 13</b>	<b>Loam</b>	<b>1.91 ± 0.17</b>	<b>0.02 ± 0.02</b>
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	คลองหอยโข่ง	24	47	29	Clay Loam	1.68	0.04
	นาทวี	44	35	21	Loam	1.74	0.03
	รัตภูมิ	39	42	19	Loam	1.66	0.02
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>36 ± 10</b>	<b>41 ± 6</b>	<b>23 ± 5</b>	<b>Loam</b>	<b>1.69 ± 0.04</b>	<b>0.03 ± 0.01</b>



ตารางที่ 4.4 สมบัติกายภาพบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ในแปลงปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

สภาพแปลง	อำเภอ (ซ้ำ)	อนุภาค (%)			เนื้อดิน	ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)	สัมประสิทธิ์การนำน้ำ (ซม./ซม.)
		Sand	Silt	Clay			
ความลึก 0-30 ซม.							
ที่ดอน	คลองหอยโข่ง	72	26	2	Sandy Loam	1.61	1.46
	นาทวี	36	33	31	Clay Loam	1.62	1.87
	รัตภูมิ	69	15	16	Sandy Loam	1.71	2.78
	เฉลี่ย	<b>59 ± 20</b>	<b>25 ± 9</b>	<b>16 ± 15</b>	<b>Sandy Loam</b>	<b>1.65 ± 0.06</b>	<b>2.04 ± 0.68</b>
ลุ่มได้ผลดี	คลองหอยโข่ง	31	37	32	Clay Loam	1.61	0.10
	นาทวี	12	43	45	Silty Clay	1.51	0.03
	รัตภูมิ	58	25	17	Sandy Loam	1.69	2.67
	เฉลี่ย	<b>34 ± 23</b>	<b>35 ± 9</b>	<b>31 ± 14</b>	<b>Clay Loam</b>	<b>1.60 ± 0.09</b>	<b>0.93 ± 1.50</b>
ลุ่มได้ผลไม่ดี	คลองหอยโข่ง	43	26	31	Clay Loam	1.60	3.36
	นาทวี	22	42	36	Clay Loam	1.36	0.09
	รัตภูมิ	47	30	23	Loam	1.69	0.50
	เฉลี่ย	<b>37 ± 13</b>	<b>33 ± 8</b>	<b>30 ± 7</b>	<b>Clay Loam</b>	<b>1.55 ± 0.17</b>	<b>1.32 ± 1.78</b>
ความลึก 30-60 ซม.							
ที่ดอน	คลองหอยโข่ง	75	15	10	Sandy Loam	1.71	2.11
	นาทวี	38	37	25	Loam	1.59	0.09
	รัตภูมิ	67	16	17	Sandy Loam	1.76	0.63
	เฉลี่ย	<b>60 ± 19</b>	<b>23 ± 12</b>	<b>17 ± 8</b>	<b>Sandy Loam</b>	<b>1.69 ± 0.09</b>	<b>0.94 ± 1.05</b>
ที่ลุ่มได้ผลดี	คลองหอยโข่ง	21	49	30	Clay Loam	1.79	0.01
	นาทวี	14	50	36	Silty Clay Loam	1.64	0.04
	รัตภูมิ	54	23	23	Sandy Clay Loam	1.95	0.30
	เฉลี่ย	<b>30 ± 21</b>	<b>40 ± 15</b>	<b>30 ± 7</b>	<b>Clay Loam</b>	<b>1.79 ± 0.16</b>	<b>0.12 ± 0.16</b>
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	คลองหอยโข่ง	42	27	31	Clay Loam	1.72	0.45
	นาทวี	19	40	41	Silty Clay	1.61	0.06
	รัตภูมิ	40	41	19	Loam	1.74	0.21
	เฉลี่ย	<b>34 ± 13</b>	<b>36 ± 8</b>	<b>30 ± 11</b>	<b>Clay Loam</b>	<b>1.69 ± 0.07</b>	<b>0.24 ± 0.20</b>

#### สมบัติเคมีของดิน

ในระยะก่อนเปิดกรีด สมบัติทางเคมีส่วนใหญ่ของดินที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร ในแปลงที่ลุ่มและที่ดอนไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.5) เมื่อพิจารณาจากระดับธาตุอาหารโดยส่วนใหญ่แล้วเทียบกับระดับที่เหมาะสมกับยางพารา พบว่า ดินมีสภาพเป็นกรดจัดถึงจัดมาก (pH 4.83-5.59) มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (0.02-0.08 dS m<sup>-1</sup>) มีอินทรีย์วัตถุ (13.39-14.17 g kg<sup>-1</sup>) ปานกลาง และไนโตรเจนทั้งหมด (0.69-0.83 g kg<sup>-1</sup>) ต่ำ แต่ดินในแปลงที่ดอน (18.93 g kg<sup>-1</sup>) และที่ลุ่มได้ผลดี (29.47 g kg<sup>-1</sup>) มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (6.84 g kg<sup>-1</sup>) ในขณะที่พบว่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในแปลงที่ดอน (0.16 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) สูงกว่าในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดี (0.07 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) และไม่ดี (0.08 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) ทั้งนี้ค่าความจุ

แลกเปลี่ยนแคตไอออนทั้ง 3 แปลง ( $2.93-3.71 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) ต่ำ นอกจากนั้น ยังพบว่า ดินในแปลงที่ตอนมีแมงกานีสที่สกัดได้ต่ำกว่าแปลงในที่ลุ่ม โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดีเท่ากับ 6.08, 34.74 และ 32.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ดินที่ระดับ 30-60 เซนติเมตร มีระดับธาตุอาหารส่วนใหญ่ต่ำกว่าดินบน อย่างไรก็ตาม ดินล่างมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าดินบน ( $3.53-5.51 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) โดยแปลงที่ตอนมีค่าต่ำกว่าในแปลงที่ลุ่ม ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มไม่ได้ผลเท่ากับ 3.53, 4.87 และ 5.51  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  ตามลำดับ

**ในระยะหลังเปิดกรีด** สมบัติทางเคมีของดินในแต่ละสภาพพื้นที่ที่มีความแปรปรวนสูง (ตารางที่ 4.6) เช่นเดียวกับดินในแปลงยางในระยะก่อนเปิดกรีด สมบัติทางเคมีของดินบนมีดังนี้ ดินมีสภาพเป็นกรดจัด (pH 5.28-5.55) มีอินทรีย์วัตถุ ( $8.54-11.15 \text{ g kg}^{-1}$ ) ในโตรเจนทั้งหมด ( $0.57-0.66 \text{ g kg}^{-1}$ ) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ยกเว้นแปลงที่ลุ่มได้ผลดี) ( $6.46-7.08 \text{ mg kg}^{-1}$ ) โพแทสเซียม ( $0.09-0.14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) แคลเซียม ( $0.34-0.68 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) และแมกนีเซียม ( $0.10-0.17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) ที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ( $2.72-4.58 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) ต่ำ โดยดินในแปลงที่ตอนมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำกว่าในที่ลุ่ม อย่างไรก็ตาม ดินในที่ตอนมีแมงกานีสต่ำกว่าในที่ลุ่มเช่นเดียวกับในแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีด แมงกานีสในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดีเท่ากับ 7.41, 45.96 และ 45.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดินที่ระดับ 30-60 เซนติเมตร มีระดับธาตุอาหารส่วนใหญ่ต่ำกว่าดินบน อย่างไรก็ตาม ดินล่างมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าดินบน ( $3.69-5.36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) โดยแปลงที่ตอนมีค่าต่ำกว่าในแปลงที่ลุ่ม ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มไม่ได้ผลเท่ากับ 3.69, 5.29 และ 5.36  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  ตามลำดับ นอกจากนี้ แมงกานีสในดินบนในแปลงที่ตอนก็มีค่าต่ำกว่าในแปลงที่ลุ่มเช่นเดียวกับที่พบในดินบน

**ตารางที่ 4.5** สมบัติเคมีบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ในแปลงปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

สมบัติทางเคมี	ที่ดอน	ที่ลุ่มได้ผลดี	ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี
<b>0-30 ซม.</b>			
pH (1:5)	5.33 ± 0.16	4.83 ± 0.24	5.59 ± 0.20
EC (1:5) (dS/m)	0.02 ± 0.002	0.08 ± 0.04	0.04 ± 0.02
OM (g/kg)	14.17 ± 3.37	13.39 ± 0.92	13.90 ± 4.49
Total N (g/kg)	0.69 ± 0.29	0.78 ± 0.09	0.83 ± 0.13
Avai. P (mg/kg)	18.93 ± 12.26	29.47 ± 17.46	6.84 ± 2.55
Exch. K (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.16 ± 0.01	0.07 ± 0.04	0.08 ± 0.04
Exch. Ca (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.60 ± 0.38	0.81 ± 0.48	0.91 ± 0.55
Exch. Mg (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.14 ± 0.06	0.11 ± 0.05	0.21 ± 0.08
Exch. Na (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.08 ± 0.03	0.17 ± 0.09	0.20 ± 0.13
Exch. acidity (cmol <sub>c</sub> /kg)	2.09 ± 1.35	1.47 ± 0.49	1.53 ± 0.68
Exch. Al (cmol <sub>c</sub> /kg)	1.75 ± 1.19	1.16 ± 0.91	1.25 ± 0.60
CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	3.37 ± 1.12	2.93 ± 1.13	3.71 ± 1.79
Extr. Fe (mg/kg)	192.33 ± 21.44	291.40 ± 132.93	168.46 ± 5.53
Extr. Mn (mg/kg)	6.08 ± 4.25	34.74 ± 28.50	32.59 ± 5.53
<b>30-60 ซม.</b>			
pH (1:5)	5.23 ± 0.61	5.16 ± 0.42	5.25 ± 0.68
EC (1:5) (dS/m)	0.05 ± 0.04	0.05 ± 0.04	0.04 ± 0.04
OM (g/kg)	4.77 ± 1.05	4.22 ± 2.18	2.72 ± 1.05
Total N (g/kg)	0.42 ± 0.23	0.39 ± 0.11	0.44 ± 0.06
Avai. P (mg/kg)	4.62 ± 0.89	2.65 ± 0.98	4.35 ± 3.63
Exch. K (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.08 ± 0.06	0.03 ± 0.02	0.05 ± 0.02
Exch. Ca (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.32 ± 0.24	0.66 ± 0.27	0.52 ± 0.18
Exch. Mg (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.30 ± 0.25	0.28 ± 0.37	0.24 ± 0.08
Exch. Na (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.04 ± 0.02	0.08 ± 0.05	0.13 ± 0.08
Exch. acidity (cmol <sub>c</sub> /kg)	1.99 ± 1.54	2.00 ± 0.33	2.45 ± 1.24
Exch. Al (cmol <sub>c</sub> /kg)	1.39 ± 1.95	1.73 ± 0.23	2.09 ± 1.08
CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	3.53 ± 1.71	4.87 ± 2.15	5.51 ± 2.73
Extr. Fe (mg/kg)	67.24 ± 57.39	59.84 ± 31.52	62.03 ± 36.43
Extr. Mn (mg/kg)	4.67 ± 3.96	10.60 ± 10.46	20.16 ± 18.25

**ตารางที่ 4.6** สมบัติเคมีบางประการของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร ในแปลงปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

สมบัติทางเคมี	ที่ดอน	ที่ลุ่มได้ผลดี	ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี
<b>0-30 ซม.</b>			
pH (1:5)	5.55 ± 0.16	5.53 ± 0.32	5.28 ± 0.52
EC (1:5) (dS/m)	0.06 ± 0.07	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.02
OM (g/kg)	8.54 ± 1.23	11.15 ± 3.32	10.31 ± 3.75
Total N (g/kg)	0.57 ± 0.23	0.64 ± 0.11	0.66 ± 0.07
Avai. P (mg/kg)	6.46 ± 4.30	25.87 ± 4.91	7.08 ± 2.58
Exch. K (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.09 ± 0.06	0.14 ± 0.11	0.06 ± 0.03
Exch. Ca (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.34 ± 0.32	0.37 ± 0.13	0.68 ± 0.50
Exch. Mg (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.10 ± 0.08	0.17 ± 0.08	0.11 ± 0.04
Exch.Na (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.04 ± 0.01	0.13 ± 0.09	0.08 ± 0.01
Exch. acidity (cmol <sub>c</sub> /kg)	1.87 ± 1.49	1.70 ± 1.59	1.66 ± 1.41
Exch. Al (cmol <sub>c</sub> /kg)	1.45 ± 1.35	1.40 ± 1.30	1.29 ± 1.07
CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	2.72 ± 1.51	4.58 ± 3.03	2.89 ± 0.95
Extr.Fe (mg/kg)	138.47 ± 59.42	181.58 ± 68.62	139.02 ± 78.22
Extr.Mn (mg/kg)	7.41 ± 4.09	45.96 ± 40.92	45.97 ± 40.97
<b>30-60 ซม.</b>			
pH (1:5)	5.34 ± 0.15	5.05 ± 0.18	5.43 ± 0.32
EC (1:5) (dS/m)	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.01
OM (g/kg)	4.19 ± 1.57	4.87 ± 1.79	4.34 ± 1.77
Total N (g/kg)	0.33 ± 0.14	0.47 ± 0.09	0.39 ± 0.06
Avai. P (mg/kg)	2.80 ± 0.71	5.23 ± 3.43	5.14 ± 3.12
Exch. K (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.07 ± 0.07	0.07 ± 0.06	0.05 ± 0.04
Exch. Ca (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.18 ± 0.13	0.60 ± 0.30	0.78 ± 0.23
Exch. Mg (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.10 ± 0.10	0.14 ± 0.04	0.16 ± 0.06
Exch.Na (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.03 ± 0.01	0.09 ± 0.05	0.11 ± 0.01
Exch.acidity (cmol <sub>c</sub> /kg)	2.25 ± 2.00	3.51 ± 2.25	2.06 ± 1.02
Exch. Al (cmol <sub>c</sub> /kg)	1.94 ± 1.55	2.88 ± 1.90	1.68 ± 0.78
CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	3.69 ± 3.31	5.29 ± 0.97	5.36 ± 2.02
Extr.Fe (mg/kg)	42.49 ± 4.21	57.31 ± 20.40	61.54 ± 39.26
Extr.Mn (mg/kg)	3.55 ± 1.96	23.57 ± 19.68	28.94 ± 39.19

### การเจริญเติบโต

**เส้นรอบวงและปริมาณเนื้อไม้** ในยางพาราก่อนเปิดกรีด พบว่า เมื่อเริ่มทดลอง เส้นรอบวงที่ความสูงที่ 150 เซนติเมตรเหนือผิวดิน และ 20 เซนติเมตรเหนือรอยเท้าช้าง และน้ำหนักสดไม้ยางในแปลงที่ตอนและที่ลุ่มได้ผลดี มีแนวโน้มสูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี แต่เมื่อยางพาราอายุ 5.5 ปี พบว่า ต้นยางพาราที่ปลูกในที่ตอนมีเส้นรอบวงและน้ำหนักสดไม้ยางใกล้เคียงกับที่ปลูกในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดี และสูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.7) โดยเส้นรอบวงต้นยางในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ที่ความสูง 20 เซนติเมตร เท่ากับ 57.83, 57.70 และ 51.17 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ความสูง 150 เซนติเมตร เท่ากับ 47.37, 47.17 และ 38.03 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักสดเนื้อไม้เท่ากับ 298, 296 และ 258 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ โดยอัตราการเจริญเติบโตของยางพาราในแปลงที่ตอนสูงกว่าที่ลุ่ม

ในยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า เส้นรอบวงและปริมาณเนื้อไม้ในแปลงที่ตอนและที่ลุ่มได้ผลดีสูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดีตั้งแต่เริ่มทดลอง (ตารางที่ 4.8) โดยในช่วงแรกแปลงในที่ตอนมีเส้นรอบวงและปริมาณน้ำหนักสดไม้ยางมีแนวโน้มต่ำกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลดีเล็กน้อยแต่สูงกว่าที่ลุ่มได้ผลไม่ดี และเมื่อยางอายุ 9.5 ปี พบว่า ต้นยางในแปลงที่ตอนเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นยางในที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ดี โดยต้นยางพาราในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี มีเส้นรอบวงเหนือรอยเท้าช้าง 20 เซนติเมตร เท่ากับ 77.40, 74.99 และ 59.67 เซนติเมตร ตามลำดับ เส้นรอบวงที่ความสูง 170 เซนติเมตรเหนือผิวดิน เท่ากับ 65.87, 62.80 และ 53.73 เซนติเมตร ตามลำดับ และน้ำหนักสดไม้ยางเท่ากับ 423, 408 และ 311 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ โดยอัตราการเจริญเติบโตของยางพาราในแปลงที่ตอนสูงกว่าที่ลุ่มเช่นกัน

**ตารางที่ 4.7** เส้นรอบวงที่ความสูง 20 เซนติเมตร เหนือรอยเท้าข้าง และ 150 เซนติเมตร เหนือผิวดิน และปริมาณเนื้อไม้ของยางก่อนเปิดกรีต เมื่ออายุ 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 ปี ที่ปลูกในที่ดิน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

สภาพแปลง	อายุต้นยาง (ปี)			
	4.0	4.5	5.0	5.5
	(ตุลาคม 54)	(เมษายน 55)	(ตุลาคม 55)	(เมษายน 56)
<b>เส้นรอบวงเหนือรอยเท้าข้าง 20 ซม. (ซม.)</b>				
ที่ดิน	40.64	45.57	50.07	57.83a
ที่ลุ่มได้ผลดี	45.64	49.17	52.73	57.70a
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	37.61	42.93	46.77	51.17b
F-test	NS	NS	NS	*
C.V. (%)	12.07	8.07	8.23	7.54
<b>เส้นรอบวงเหนือผิวดิน 150 ซม. (ซม.)</b>				
ที่ดิน	33.63	38.23ab	43.16ab	47.37a
ที่ลุ่มได้ผลดี	36.83	40.43a	44.60a	47.17a
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	30.37	32.40b	35.33b	38.03b
F-test	NS	*	*	*
C.V. (%)	11.43	11.61	8.21	12.13
<b>น้ำหนักสดไม้ยางพารา (กก./ต้น)</b>				
ที่ดิน	198	208	251	298a
ที่ลุ่มได้ผลดี	224	239	266	296a
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	178	214	230	258b
F-test	NS	NS	NS	*
C.V. (%)	14.88	10.65	9.81	8.89

หมายเหตุ NS และ \* หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

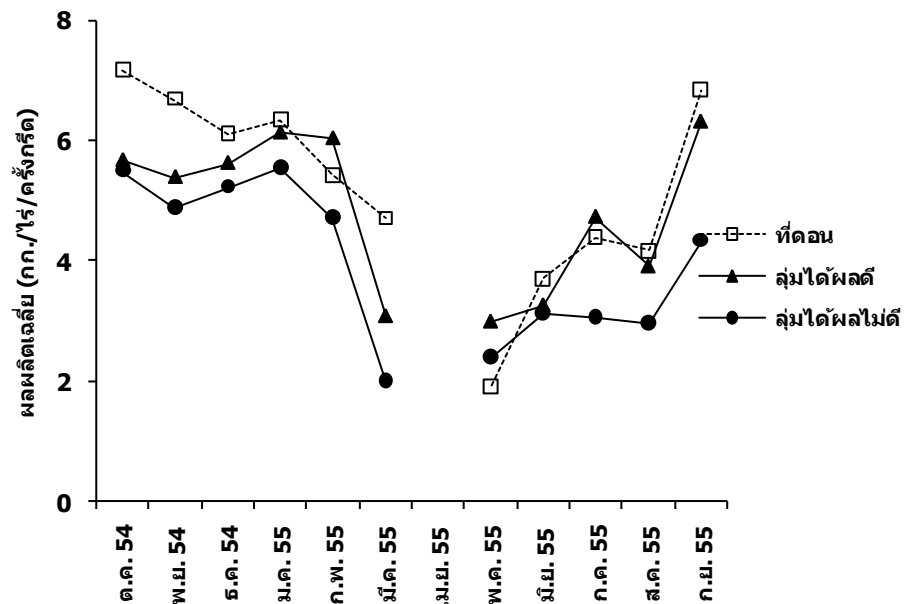
**ตารางที่ 4.8** เส้นรอบวงที่เหนือรอยเท้าช้าง 20 เซนติเมตร และที่ความสูง 170 เซนติเมตร เหนือผิวดิน และปริมาณเนื้อไม้ของยางหลังเปิดกรีด เมื่ออายุ 8.0, 8.5, 9.0 และ 9.5 ปี ที่ปลูกในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

สภาพแปลง	อายุต้นยาง (ปี)			
	8.0	8.5	9.0	9.5
	(ตุลาคม 54)	(เมษายน 55)	(ตุลาคม 55)	(เมษายน 56)
<b>เส้นรอบวงเหนือรอยเท้าช้าง 20 ซม. (ซม.)</b>				
ที่ดอน	60.29a	66.13a	71.33a	77.40a
ที่ลุ่มได้ผลดี	64.22a	66.57a	70.37a	74.97a
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	51.08b	53.60b	56.97b	59.67b
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	11.95	11.95	11.79	12.74
<b>เส้นรอบวงเหนือผิวดิน 170 ซม. (ซม.)</b>				
ที่ดอน	50.87a	56.20a	61.20a	65.87a
ที่ลุ่มได้ผลดี	53.23a	55.57a	59.96a	62.80ab
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	41.52b	43.80b	47.23b	53.73b
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	12.61	12.97	13.01	12.5
<b>น้ำหนักสดไม้ยางพารา (กก./ต้น)</b>				
ที่ดอน	313a	351a	384a	423a
ที่ลุ่มได้ผลดี	338a	353a	381a	408a
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	260b	275b	292b	311b
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	15.02	14.42	14.39	15.01

หมายเหตุ NS และ \* หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

### การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตและเนื้อยางแห้งในรอบปี

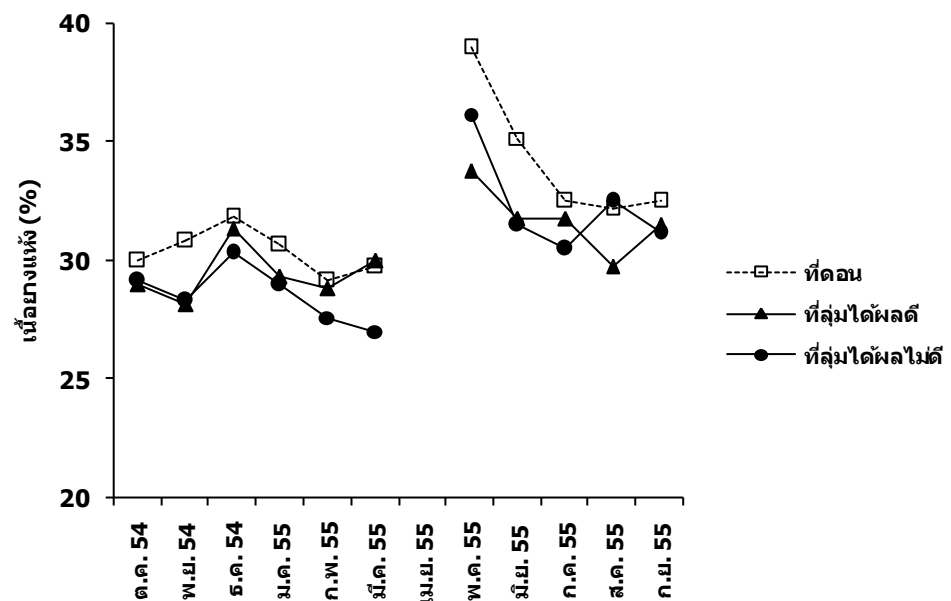
ผลผลิตน้ำยางสดในแปลงที่ดอนสูงกว่าในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีและได้ผลไม่ดี (รูปที่ 4.4) ผลผลิตเฉลี่ยของน้ำยางสดในรอบปีในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มให้ผลดี และที่ลุ่มให้ผลไม่ดี เท่ากับ 5.24, 4.84 และ 3.98 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งกรีต ตามลำดับ โดยผลผลิตทั้ง 3 แปลงมีการเปลี่ยนแปลงแบบเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อเริ่มเปิดกรีตในเดือนพฤษภาคมผลผลิตน้ำยางสดจะต่ำสุดในรอบปี หลังจากนั้นผลผลิตก็ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระยะที่ให้ผลผลิตสูงสุดในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม แล้วค่อยๆ ลดลงจนถึงเดือนมีนาคมจนกระทั่งหยุดกรีตในเดือนเมษายน



รูปที่ 4.4 ผลผลิตน้ำยางสดยางพาราที่ปลูกในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี



เนื่อยงแห่งในแปลงที่ตอนสูงกว่ในแปลงที่ลุ่ม (รูปที่ 4.5) โดยเนื่อยงแห่งของ ยงพารในแปลงที่ตอน ที่ลุ่มให้ผลดี และที่ลุ่มให้ผลไม่ดี เท่กับ 32.14, 30.47 และ 30.30 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงเนื่อยงแห่งในรอบปี พบว่ เมื่อเริ่มเปิดกริดในเดือนพฤษภาคมจะมีเนื่อยงแห่งสูงและค่อยๆ ลดลงอยู่ในช่วงประมณ 29-30 เปอร์เซนต์ จนกระทั่งหยุดกริดในเดือนเมษายน



รูปที่ 4.5 เนื่อยงแห่งยงพารที่ปลูกในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

#### หน้าหนักน้ำยงสด

หน้าหนักน้ำยงสดในแปลงที่ตอนและที่ลุ่มได้ผลดีในช่วงฤดูฝน (มกราคม 2555) มี แนวน้ำสูงกว่ในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.9) โดยมีผลผลิตเท่กับ 118, 105 และ 80 กรัมต่อตันต่อครั้งกริด แต่ผลผลิตในช่วงแล้งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 67, 53 และ 65 กรัมต่อตันต่อ ครั้งกริด ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ แปลงที่ตอนมีแนวน้ำให้ผลผลิตน้ำยงสูง กว่ในแปลงที่ลุ่ม

**ตารางที่ 4.9** น้ำหนักน้ำยางสดในช่วงฝน (พ.ย. 54) และช่วงแล้ง (มิ.ย.54) ที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอน

สภาพแปลง	น้ำหนักน้ำยางสด(ก./ต้น/ครั้งกรีต)		
	ฤดูฝน (มกราคม 55)	ฤดูแล้ง (มิถุนายน 55)	ฤดูฝน (ตุลาคม 55)
ที่ดอน	118.00 ± 13.11	67.33 ± 32.00	116.33 ± 34.36
ที่ลุ่มได้ผล	105.33 ± 38.28	52.67 ± 28.57	87.67 ± 7.02
ที่ลุ่มไม่ได้ผล	79.67 ± 24.11	65.33 ± 37.21	82.33 ± 13.50
F-test	NS	NS	NS
C.V. (%)	28.70	47.29	25.74

หมายเหตุ NS หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ  $P \geq 0.05$

#### ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง

ในยางพาราก่อนเปิดกรีต เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางชีวเคมีและธาตุอาหารในน้ำยางในช่วงฤดูฝน (ตารางที่ 4.10) ในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่า เนื้อยางแห้งจากแปลงในที่ดอนและที่ลุ่มใกล้เคียงกัน (42.68-45.56 %) ซูโครสในแปลงที่ดอน (17.84 mM) และที่ลุ่มได้ผลดี (15.48 mM) มีค่าใกล้เคียงกันและต่ำกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (28.60 mM) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสในแปลงที่ดอน (5.95 mM) และแปลงที่ลุ่มได้ผลดี (6.60 mM) มีค่าใกล้เคียงกันและสูงกว่าในแปลงที่ให้ผลไม่ดี (3.03 mM) ไทออลและแอมโมเนียมในน้ำยางจากแปลงในที่ดอนใกล้เคียงกับแปลงในที่ลุ่มได้ผลดีและสูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแคลเซียมในน้ำยางในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดีสูงกว่าที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดีมีโพแทสเซียมเท่ากับ 32.78, 37.30 และ 29.19 มิลลิโมลาร์ แคลเซียมเท่ากับ 1.40, 1.46 และ 1.31 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม แมกนีเซียมในแปลงที่ดอน (3.69 mM) มีแนวโน้มต่ำกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผล (5.10 mM) และไม่ได้ผล (6.23 mM) ในช่วงแล้งเนื้อยางแห้งมีแนวโน้มสูงกว่าในฤดูฝน ความเข้มข้นของซูโครส โพแทสเซียม และแคลเซียมในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ดี ก็มีแนวโน้มทำนองเดียวกับในฤดูฝน แอมโมเนียมในน้ำยางในช่วงแล้งต่ำกว่าในฤดูฝนมาก (0.05-0.07 mM) ไทออลในน้ำยางในแปลงที่ดอน (0.15 mM) ต่ำกว่าในที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ได้ผล (0.51 และ 0.39 mM ตามลำดับ) สำหรับแมกนีเซียมพบว่า ในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดี (7.73 และ 8.67 mM ตามลำดับ) สูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (3.40 mM)

ในยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า ในฤดูฝนเนื้อยางแห้ง ซูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส ไทออล แอมโมเนียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำยางจากแปลงที่ดอนและที่ลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4. 11) อย่างไรก็ตาม โปแทสเซียมในน้ำยางจากแปลงที่ดอน (67.82 mM) และแปลงที่ลุ่มได้ผลดี (65.36 mM) มีแนวโน้มสูงกว่าจากแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (51.88 mM) สำหรับในฤดูแล้งพบว่า ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจากแปลงที่ดอนและที่ลุ่มไม่ค่อยแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เนื้อยางแห้งในฤดูแล้ง (36.78-42.41 %) สูงกว่าฤดูฝน (39.11-40.94 %) ในขณะที่ซูโครส (5.38-7.24 mM) และแอมโมเนียม (0.06-0.10 mM) มีค่าลดลงมาก

**ตารางที่ 4.10** ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางในระยะก่อนเปิดกรีดในช่วงฝน (พ.ย. 54) และช่วงแล้ง (มิ.ย.54) จากแปลงในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

พารามิเตอร์	ที่ดอน	ที่ลุ่มได้ผลดี	ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	F-test	C.V.(%)
ฤดูฝน (กันยายน 2554)					
เนื้อยางแห้ง (%)	42.68 ± 18.53	45.56 ± 12.97	43.34 ± 12.84	NS	37.82
ซูโครส (mM)	17.84 ± 9.22	15.48 ± 13.44	28.60 ± 22.43	NS	71.72
Pi (mM)	5.95 ± 2.98	6.60 ± .94	3.03 ± 1.43	NS	31.30
RSH (mM)	0.33 ± 0.02	0.36 ± 0.02	0.47 ± 0.12	NS	18.18
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mM)	0.55 ± 0.22	0.53 ± 0.45	0.38 ± 0.17	NS	56.14
K (mM)	32.78 ± 11.96	37.30 ± 11.78	29.19 ± 1.21	NS	35.37
Ca (mM)	1.40 ± 0.29	1.46 ± 0.38	1.31 ± 0.15	NS	23.07
Mg (mM)	3.69 ± 0.63	5.10 ± 2.86	6.23 ± 2.96	NS	75.48
ฤดูแล้ง (มิถุนายน 2555)					
เนื้อยางแห้ง (%)	44.23 ± 8.00	41.53 ± 12.37	44.88 ± 6.26	NS	24.62
ซูโครส (mM)	17.20 ± 12.36	16.83 ± 5.48	24.38 ± 3.49	NS	47.09
Pi (mM)	9.69 ± 2.43	7.20 ± 2.37	7.56 ± 5.00	NS	47.96
RSH (mM)	0.15 ± 0.05 b	0.51 ± 0.13 a	0.39 ± 0.22 ab	*	33.81
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mM)	0.07 ± 0.01	0.05 ± 0.07	0.05 ± 0.08	NS	83.90
K (mM)	34.06 ± 3.68	32.95 ± 15.91	25.83 ± 9.86	NS	33.33
Ca (mM)	1.10 ± 0.31	1.47 ± 0.71	0.98 ± 0.09	NS	39.61
Mg (mM)	7.73 ± 6.67	8.67 ± 6.50	3.40 ± 0.96	NS	94.76

หมายเหตุ NS และ \* หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 4.11** ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางในระยะหลังเปิดกรีตในช่วงฝน (พ.ย. 54) และช่วงแล้ง (มิ.ย.54) ที่ปลูกในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

พารามิเตอร์	ที่ดอน	ที่ลุ่มได้ผลดี	ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	F-test	C.V.(%)
ฤดูฝน (กันยายน 2554)					
เนื้อยางแห้ง (%)	39.05 ± 3.66	40.94 ± 4.38	39.11 ± 6.97	NS	10.64
ซูโครส (mM)	15.47 ± 7.81	14.16 ± 7.04	12.75 ± 3.70	NS	24.73
Pi (mM)	10.09 ± 2.89	12.67 ± 5.79	9.99 ± 7.05	NS	38.33
RSH (mM)	0.34 ± 0.16	0.33 ± 0.10	0.33 ± 0.16	NS	23.32
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mM)	1.30 ± 0.49	1.09 ± 0.25	1.03 ± 0.36	NS	18.36
K (mM)	67.82 ± 16.94	65.36 ± 19.90	51.88 ± 21.41	NS	28.04
Ca (mM)	1.85 ± 0.40	1.39 ± 0.07	1.64 ± 0.43	NS	23.39
Mg (mM)	11.80 ± 5.31	13.39 ± 3.48	11.22 ± 3.60	NS	30.18
ฤดูแล้ง (มิถุนายน 2555)					
เนื้อยางแห้ง (%)	42.41 ± 6.17	36.78 ± 4.76	41.76 ± 2.07	NS	12.57
ซูโครส (mM)	5.38 ± 1.59	6.19 ± 3.25	7.24 ± 2.12	NS	25.03
Pi (mM)	11.51 ± 4.10	10.32 ± 2.84	8.25 ± 2.96	NS	40.29
RSH (mM)	0.23 ± 0.06 b	0.43 ± 0.04 a	0.42 ± 0.07 a	*	39.28
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mM)	0.06 ± 0.09	0.08 ± 0.11	0.10 ± 0.09	NS	101.78
K (mM)	44.60 ± 8.78	44.95 ± 3.65	38.09 ± 2.20	NS	12.59
Ca (mM)	1.07 ± 0.23	1.06 ± 0.28	1.10 ± 0.33	NS	14.10
Mg (mM)	18.05 ± 5.49	23.68 ± 3.31	14.46 ± 5.25	NS	29.89

หมายเหตุ NS และ \* หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

### ธาตุอาหารไนโบ

ในยางพาราก่อนเปิดกรีต พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมไนโบในแปลงที่ดอนมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงในที่ลุ่ม ส่วนความเข้มข้นของแคลเซียมไนโบในแปลงที่ดอน มีแนวโน้มต่ำกว่าในที่ลุ่ม ในขณะที่ความเข้มข้นของกำมะถันมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.12) ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารไนโบยางในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี ที่ลุ่มไม่ได้ผล พบว่า มีไนโตรเจนเท่ากับ 32.96, 30.07 และ 30.47 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสเท่ากับ 3.06, 2.70 และ 2.67 กรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมเท่ากับ 11.76, 9.86 และ 10.79 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมเท่ากับ 3.60, 3.49 และ 3.02 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมเท่ากับ 12.40, 16.45 และ 15.24 กรัมต่อกิโลกรัม และกำมะถันเท่ากับ 1.68, 1.50 และ 1.60 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารจลธาตุพบว่า โดย

ส่วนใหญ่แล้วทั้งแปลงที่ดอนและที่ลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นแมงกานีสที่สะสมในใบยางที่ปลูกในที่ลุ่มสูงกว่าในที่ดอน (ตารางที่ 4.13 ) โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสในใบยางในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี เท่ากับ 388, 698 และ 572 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ในยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียมในใบยางที่ปลูกในที่ดอนและที่ลุ่มใกล้เคียงกัน แต่โพแทสเซียมในแปลงที่ดอน ( $14.96 \text{ g kg}^{-1}$ ) และแปลงที่ลุ่มได้ผลดี ( $15.76 \text{ g kg}^{-1}$ ) มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ( $12.65 \text{ g kg}^{-1}$ ) ส่วนความเข้มข้นของแมกนีเซียมและกำมะถันในใบยางที่ปลูกในที่ดอนมีแนวโน้มสูงกว่าในที่ลุ่มได้ผลดีและที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.14) สำหรับความเข้มข้นของจุลธาตุ พบว่า ในแปลงที่ลุ่มมีความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสสูงกว่าที่ดอน โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสในใบยางในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี ที่ลุ่มไม่ได้ผล เท่ากับ 319, 669 และ 537 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และโบรอนในใบยางในที่ดอนและที่ลุ่มใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.15) เช่นเดียวกับในยางพารา ก่อนเปิดกรีด

**ตารางที่ 4.12** ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในใบยางในระยะก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ( $X \pm SD$ )

ลักษณะแปลง	N ( $\text{g kg}^{-1}$ )	P ( $\text{g kg}^{-1}$ )	K ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ )	S ( $\text{g kg}^{-1}$ )
ที่ดอน	$32.96 \pm 1.55$	$3.06 \pm 0.89$	$11.76 \pm 2.15$	$12.40 \pm 3.56$	$3.60 \pm 0.84$	$1.68 \pm 0.02$
ที่ลุ่มได้ผลดี	$30.07 \pm 4.68$	$2.70 \pm 0.39$	$9.86 \pm 1.68$	$16.45 \pm 1.92$	$3.49 \pm 0.68$	$1.50 \pm 0.35$
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	$30.47 \pm 0.75$	$2.67 \pm 0.12$	$10.79 \pm 2.06$	$15.24 \pm 2.07$	$3.02 \pm 0.72$	$1.60 \pm 0.10$
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	9.27	15.57	17.76	20.08	13.65	14.84

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.13 ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอนในใบยางในระยะก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (X±SD)

สภาพพื้นที่	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )
ที่ดอน	96±57	388±97	8±0.07	32±9	24±10
ที่ลุ่มได้ผลดี	92±17	698±520	7±2	22±8	23±5
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	70±13	572±133	8±2	25±3	27±8
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	46	60	15	30	38

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.14 ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในใบยางในระยะหลังเปิดกรีดที่ปลูกในดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

ลักษณะแปลง	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	S (g kg <sup>-1</sup> )
ที่ดอน	30.44 ± 3.14	2.99 ± 0.49	14.96 ± 2.15	11.00 ± 0.80	3.57 ± 0.68	1.92 ± 0.43
ที่ลุ่มได้ผลดี	30.68 ± 3.06	2.75 ± 0.68	15.67 ± 1.28	12.51 ± 2.47	3.17 ± 0.17	1.77 ± 0.27
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	29.42 ± 1.02	3.09 ± 0.49	12.65 ± 0.44	10.85 ± 1.56	2.87 ± 0.29	1.41 ± 0.35
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	7.09	20.94	7.82	19.78	13.30	19.14

ตารางที่ 4.15 ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอนในใบยางในระยะหลังเปิดกรีดที่ปลูกในดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี

สภาพพื้นที่	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )
ที่ดอน	66±9	319±168	10±1	40±0.6	35±21
ที่ลุ่มได้ผลดี	72±6	669±455	9±1	29±6	22±9
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	89±35	537±343	9±2	26±6	21±7
F-test	NS	NS	NS	*	NS
C.V. (%)	23	30	14	14	46

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, \* = มีความแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05)

#### การกระจายของราก

ในยางพาราก่อนเปิดกรีดปริมาณรากทั้งหมดในระดับ 0-60 เซนติเมตร ในช่วงฝนมากกว่าในช่วงแล้ง แม้ว่าปริมาณรากที่ระดับความลึกต่างๆ จากแปลงยางพาราในสภาพที่ดอน ที่ลุ่มได้ผล และที่ลุ่มได้ผลไม่ดีจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม พบว่า รากยางพาราส่วน

ใหญ่พบที่ระดับ 0-30 เซนติเมตร ในแปลงที่ตอนจะพบรากที่ความลึก 15-30 เซนติเมตร มากกว่าที่ 0-15 เซนติเมตร ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 4.16) ปริมาณรากในแปลงที่ ตอนที่มีความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ในฤดูฝนเท่ากับ 610 และ 1,270 และฤดูแล้ง เท่ากับ 738 และ 958 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนแปลงในที่ลุ่มได้ผลดีและได้ผลไม่ดี พบว่า ส่วนใหญ่ปริมาณรากยาวพาราที่ระดับ 0-15 เซนติเมตรสูงกว่าที่ระดับ 15-30 เซนติเมตร สำหรับยางในระยะหลังเปิดกรีดการกระจายของรกรากทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งในแปลงที่ ตอนและที่ลุ่มก็ให้ผลทำนองเดียวกับยางพารา ก่อนเปิดกรีด (ตารางที่ 4.17 )

**ตารางที่ 4.16** น้ำหนักรากยางที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 ในยางพารา ก่อนเปิดกรีดในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

สภาพแปลง	0-15 (cm)	15-30 (cm)	30-45 (cm)	45-60 (cm)	รวม
<b>น้ำหนักแห้งรากช่วงฤดูฝน (พ.ย.54) (g/m<sup>3</sup>)</b>					
ที่ตอน	610±521	1,270±1083	65±11	10±9	<b>1,957±1548</b>
ที่ลุ่มได้ผลดี	2,552±858	874±211	86±79	26±14	<b>3,539±710</b>
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	671±66	282±205	103±91	34±30	<b>1,093±330</b>
<b>F-test</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>36</b>	<b>91</b>	<b>88</b>	<b>94</b>	<b>43</b>
<b>น้ำหนักแห้งรากช่วงฤดูแล้ง (เม.ย.55) (g/m<sup>3</sup>)</b>					
ที่ตอน	738±578	958±566	76±36	8±6	<b>1,783±973</b>
ที่ลุ่มได้ผลดี	628±556	472±230	138±123	39±29	<b>1,279±800</b>
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	374±288	110±74	26±17	1±1	<b>5,13±235</b>
<b>F-test</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>39</b>	<b>79</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>74</b>

ตารางที่ 4.17 น้ำหนักรากยางที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 ในยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

สภาพแปลง	0-15 (cm)	15-30 (cm)	30-45 (cm)	45-60 (cm)	รวม
<b>น้ำหนักแห้งรากช่วงฤดูฝน (พ.ย.54) (g/m<sup>3</sup>)</b>					
ที่ดอน	589±399	1,520±1194	220±157	147±104	<b>2,477±1133</b>
ที่ลุ่มได้ผลดี	1,322±251	986±915	275±250	155±102	<b>2,740±1262</b>
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	1,590±1288	641±403	525±429	55±51	<b>2,813±2115</b>
<b>F-test</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>*</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>54</b>	<b>58</b>	<b>91</b>	<b>87</b>	<b>31</b>
<b>น้ำหนักแห้งรากช่วงฤดูแล้ง (เม.ย.55) (g/m<sup>3</sup>)</b>					
ที่ดอน	455±189	270±90	148±113	86±53	<b>961±237</b>
ที่ลุ่มได้ผลดี	1,544±813	1,031±508	314±241	77±94	<b>2,934±319</b>
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	811±226	742±591	397±353	123±98	<b>2,076±967</b>
<b>F-test</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>*</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>59</b>	<b>64</b>	<b>52</b>	<b>59</b>	<b>29</b>

#### แมงกานีสในราก

ความเข้มข้นของแมงกานีสในรากยางพาราก่อนเปิดกรีด ในแปลงที่ดอนทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งสูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีและได้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.18) ความเข้มข้นแมงกานีสในรากที่ระดับ 0-30 เซนติเมตร จากแปลงที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และได้ผลไม่ดี ในฤดูฝน เท่ากับ 573, 165 และ 153 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และที่ระดับ 30-60 เซนติเมตร เท่ากับ 837, 178 และ 103 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในฤดูแล้งก็พบว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสในรากจากแปลงที่ดอนก็สูงกว่าในแปลงที่ลุ่มเช่นกัน

ในยางพาราหลังเปิดกรีดทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสในรากในแปลงที่ดอนทั้งที่ระดับ 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร สูงกว่าในแปลงที่ลุ่มทั้งที่ได้ผลดีและไม่ได้ (ตารางที่ 4.19)



**ตารางที่ 4.18** ความเข้มข้นของแมงกานีส ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ในรากยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ระดับความลึก 0-30 ซม. และ 30-60 ซม. ที่ปลูกในพื้นที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

สภาพพื้นที่	ฤดูฝน (พ.ย.54) ( $\text{mg kg}^{-1}$ )		ฤดูแล้ง (เม.ย.55) ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	
	0-30 ซม.	30-60 ซม.	0-30 ซม.	30-60 ซม.
ที่ดอน	573a	837a	838	1024
ที่ลุ่มได้ผลดี	165b	178b	112	82
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	153b	103b	329	235
F-test	*	*	NS	NS
C.V. (%)	44	64	84	78

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, \* = มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ), \*\* = มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P \leq 0.01$ )

**ตารางที่ 4.19** ความเข้มข้นของแมงกานีส ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ในรากยางพาราหลังเปิดกรีดที่ระดับความลึก 0-30 ซม. และ 30-60 ซม. ที่ปลูกในสภาพพื้นที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

สภาพพื้นที่	ฤดูฝน (พ.ย.54) ( $\text{mg kg}^{-1}$ )		ฤดูแล้ง (เม.ย.55) ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	
	0-30 ซม.	30-60 ซม.	0-30 ซม.	30-60 ซม.
ที่ดอน	746a	436a	976a	622a
ที่ลุ่มได้ผลดี	240b	133c	361b	329b
ที่ลุ่มได้ผลไม่ดี	248b	243b	194b	170b
F-test	*	**	**	*
C.V. (%)	40	17	26	9

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, \* = มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ), \*\* = มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P \leq 0.01$ )

## วิจารณ์ผลการศึกษา

### เปรียบเทียบสภาพพื้นที่ สมบัติกายภาพ และเคมีของดินที่ลุ่มและที่ดอน

สภาพพื้นที่ในแปลงที่ดอนที่ศึกษามีทั้งสภาพที่เป็นเชิงเขา ลูกคลื่นลอนลาด และตะพักลำนํ้าระดับต่ำ โดยมีความสูงจากระดับนํ้าทะเลและความลาดชันมากกว่าในที่ลุ่มซึ่งส่วนใหญ่มีสภาพเป็นตะพักลำนํ้าระดับต่ำและเป็นพื้นที่ราบ (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) สภาพเช่นนี้ทำให้มีการเคลื่อนย้ายอนุภาคที่มีขนาดเล็ก จากพื้นที่ดอนที่อยู่สูงกว่า ไปทับถมบริเวณที่ลุ่มบริเวณ

ใกล้เคียง ทำให้ดินที่ลุ่มเกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมกันจนเป็นดินลึก และมีเนื้อดินละเอียดกว่าในที่ดินดอน (ตารางที่ 4.3 และ 4.4) และส่งผลให้ดินในลุ่มมีระบายน้ำเร็ว ดังนั้น ดินที่ดอนและที่ลุ่มจึงมีลักษณะที่แตกต่างกันชัดเจน กล่าวคือ ดินดอนมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลปนเหลือง และไม่พบจุดประที่เกิดจากการขังน้ำภายในหน้าตัดดิน (ยกเว้นดินดอนในแปลงยาวพารา ก่อนเปิดกรีดใน อำเภอรัตนภูมิ) ในขณะที่ดินในลุ่มมีการระบายน้ำเร็ว ดินส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลปนเทา และสีเทาปนน้ำตาลในดินบน ส่วนในดินล่างเป็นสีเทา โดยพบจุดประภายในหน้าตัดดินในลุ่มในทุกแปลง ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ได้ผลดีและไม่ดี ทั้งในแปลงยาวพารา ก่อนเปิดกรีด และหลังเปิดกรีด พบว่า ในแปลงที่ได้ผลดีไม่พบจุดประสีน้ำตาลแดง ที่เกิดจากน้ำขังภายในระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ในขณะที่แปลงที่ได้ผลไม่ดีพบจุดประที่เกิดจากน้ำขังภายในความลึกดังกล่าว อย่างไรก็ตาม พบจุดประที่เกิดจากรากพืช ซึ่งมีลักษณะสีน้ำตาล เป็นเส้นยาว ๆ ทั้งในแปลงที่ได้ผลดีและไม่ดี จุดประในดินแสดงถึงสภาพการมีน้ำขังเป็นระยะเวลานาน ทำให้เหล็กอยู่ในรูปเฟอร์รัสไอออน และกระจายตัวไปทั่วตามระดับชั้นลงของน้ำใต้ดิน และเคลือบอนุภาคดิน เมื่อระบายน้ำออกทำให้ดินมีสีเทา ในขณะที่มีการระบายน้ำออกทำให้ช่องว่างในดิน รวมทั้งภายในรากพืชที่ตายแล้วเกิดสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศได้ดีกว่าส่วนอื่น ๆ ทำให้เหล็กตกตะกอนเป็นสารประกอบอยู่ในรูปเฟอร์ริกซึ่งมีสีน้ำตาลแดง (ferrihydrite and maghemite) แดง (hematite) และส้ม (lepidocrocite) (Schaetzl and Anderson, 2005)

จุดประที่เกิดจากน้ำขังพบในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดีภายใน 0-30 เซนติเมตร จุดประนี้จึงเป็นตัวชี้วัดถึงสภาพที่ไม่เหมาะสมของดินต่อการปลูกยางพารา จุดประดังกล่าวเกิดอยู่บนพื้นสีเทาซึ่งเป็นสีส่วนใหญ่ของดิน โดยมีลักษณะเป็นจุด ๆ หรือเป็นหย่อม ๆ ซึ่งมักมีสีน้ำตาลปนแดง แดง หรือส้ม ขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบเหล็กออกไซด์ หากพบจุดประประเภทนี้แสดงว่า ดินอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นเวลานาน ดินมีระดับน้ำใต้ดินตื้น โดยสถาบันวิจัยยางได้กำหนดว่า ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราควรมีระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 1 เมตร (สถาบันวิจัยยาง, 2553) แต่ถ้าเป็นจุดประที่เกิดจากรากพืชมักเป็นสีน้ำตาลแดง มีรูปร่างเป็นเส้นตามลักษณะของราก พบทั้งในแปลงที่ได้ผลดีและไม่ดี ทั้งนี้ พบว่า ในแปลงยาวพาราที่ดอนทั้งก่อนและหลังเปิดกรีดที่ศึกษาไม่พบจุดประ แสดงว่า มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก ส่วนในแปลงที่ลุ่มจะพบจุดประที่เกิดจากน้ำขัง โดยแปลงยาวพาราทั้งก่อนและหลังเปิดกรีดในลุ่มที่ได้ผลดีมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่าแปลงที่ได้ผลไม่ดี (รูปที่ 4.2 และ 4.3)

สมบัติกายภาพ ดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ศึกษาเป็นกลุ่มดินร่วนทรายและดินร่วนเหนียว ซึ่งจัดเป็นดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา (สถาบันวิจัยยาง, 2553) แต่ดินในที่ดินดอนส่วนใหญ่มีอนุภาคขนาดทรายสูงกว่าในลุ่ม และในแปลงที่ได้ผลดีก็มักมีอนุภาคทรายสูงกว่าแปลงที่ได้ผลไม่ดี (ตาราง 4.3 และ 4.4) อนุภาคดังกล่าวส่งผลต่อการระบายน้ำของดิน ทำให้แปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีมีระดับน้ำใต้ดินลึกกว่าแปลงที่ได้ผลไม่ดี (รูปที่ 4.2 และ 4.3) และไม่พบจุดประที่เกิดจากน้ำขัง (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) ทั้งนี้ สอดคล้องกับค่าสภาพน้ำของดินในแปลงที่ดอนซึ่งสูง

กว่าแปลงในที่ลุ่ม โดยพบว่า ในแปลงที่ดอนส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเกษตร คือ 1-15 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 0.18 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของดินเนื้อละเอียด (Brady and weil, 2008) อย่างไรก็ตาม ค่าความหนาแน่นรวมดินในแปลงที่ดอนซึ่งมีเนื้อหยาบ สูงกว่าแปลงในที่ลุ่มเล็กน้อย โดยความหนาแน่นในดินล่างสูงกว่าในดินบน (ตารางที่ 4.3 และ 4.4) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า ในดินเนื้อหยาบมักมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าดินเนื้อละเอียด และจะเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน (Brady and Weil, 2008) ซึ่งอินทรีย์วัตถุในดินบนที่มีสูงกว่า (ตารางที่ 4.5 และ 4.6) ทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมให้อนุภาคดินเกาะยึดกันเป็นเม็ดดินทำให้ดินบนมีช่องว่างเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นรวมจึงต่ำกว่า

สมบัติทางเคมี ดินที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี มีพีเอชทั้งในแปลงก่อนเปิดกรีด (ตารางที่ 4.5) และหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 4.6) อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ( $\text{pH} = 4.5 - 5.5$ ) ที่ใช้ปลูกยางพารา (นุชนารถ, 2552) ดินที่ศึกษามีอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง ( $10-25 \text{ g kg}^{-1}$ ) สำหรับปลูกยางพารา (นุชนารถ, 2554) ดินในที่ลุ่มมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าที่ดอนเล็กน้อย แต่ไม่สูงจนทำให้มีปัญหาเรื่องความเค็ม ( $\text{ECe} > 4 \text{ dS m}^{-1}$ ) และเนื่องจากดินในที่ลุ่มมีอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าที่ดอนจึงทำให้มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าที่ดอน ทั้งนี้ ในแปลงก่อนเปิดกรีดในที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดี มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าที่ลุ่มได้ผลไม่ดี โดยจัดอยู่ในระดับที่เหมาะสม เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานในดินปลูกยางพารา (นุชนารถ, 2554) แต่ในระยะหลังเปิดกรีดส่วนใหญ่มีธาตุทั้งสองในระดับต่ำ (ยกเว้นฟอสฟอรัสในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีมีค่าปานกลาง) นอกจากนั้น ในแปลงที่ดอนมีแมงกานีสที่สกัดได้ ( $0.05 \text{ M DTPA}$ ) ต่ำกว่าในที่ลุ่ม ในแปลงที่ดอนก่อนและหลังเปิดกรีดมีแมงกานีสเฉลี่ย ( $0-30 \text{ cm}$ ) เท่ากับ 6.08 และ 7.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าดังกล่าวจัดว่าสูง ( $> 4 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (นุชนารถ, 2554) ในขณะที่แปลงในที่ลุ่มได้ผลดี และได้ผลไม่ดีมีแมงกานีสสูงกว่าในที่ดอนมาก (ตารางที่ 4.5 และ 4.6) เพราะในแปลงที่ลุ่มดินอยู่ในสภาพน้ำขังทำให้ขาดออกซิเจน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (redox potential) ลดลง ส่งผลให้แมงกานีสละลายได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินกรด (Havlin *et al.*, 2005)

### การเจริญเติบโต ผลผลิต และธาตุอาหารในน้ำยางและในใบ

การเจริญเติบโตของยางพาราในระยะก่อนเปิดกรีด ที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอนในตอนเริ่มทดลอง (4 ปี) ใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่ออายุประมาณ 5 ปี พบว่า ยางพาราที่ปลูกในที่ดอนเริ่มเจริญเติบโตดีกว่าในที่ลุ่ม โดยมีเส้นรอบวงและน้ำหนักสดไม้ยางสูงกว่า (ตารางที่ 4.7) ทั้งนี้ สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า การปลูกยางในที่ลุ่มในระยะแรกยางเจริญเติบโตดี เพราะมีน้ำอย่างเพียงพอ แต่เมื่ออายุมากขึ้นยางพาราจะเจริญเติบโตช้าเพราะระดับน้ำใต้ดินตื้น ทำให้จำกัดการเจริญเติบโตของราก (ชুমสินธุ์, 2553) อย่างไรก็ตาม ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มได้ผลดีมีการ

เจริญเติบโตไม่แตกต่างกับในที่ดอน โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงในแปลงที่ดอนและแปลงที่ลุ่มได้ผลดีสูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี แต่ในยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า แม้ขนาดเส้นรอบวงและปริมาณเนื้อไม้ในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดีจะใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงและเนื้อไม้ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของยางพาราในแปลงที่ดอนสูงกว่าแปลงที่ลุ่มชัดเจน สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า ยางพาราอายุ 3, 6 และ 16 ปี ที่ปลูกในที่ดอนมีขนาดเส้นรอบวงสูงกว่าที่ปลูกในพื้นที่นาร้าง (ระวี และอิบรอเฮม, 2553) และในแปลงที่ได้ผลดีมีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าแปลงได้ผลไม่ดี (ตาราง 4.8) ดังนั้น การปลูกยางในที่ลุ่มแม้ว่าในช่วงแรกยางเจริญเติบโตดี แต่ในระยะยาวจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา ทั้งนี้ อาจเกิดจากในระยะแรกดินมีความชื้นเพียงพอ ทำให้รากยางพาราสามารถจะดูดน้ำและธาตุอาหารจากบริเวณผิวดินไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี แต่เมื่ออายุมากขึ้น ความต้องการธาตุอาหารก็มากขึ้นด้วย แต่เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินตื้นรากส่วนใหญ่จึงถูกจำกัดอยู่เฉพาะบริเวณใกล้ผิวดิน ดังนั้น พื้นที่ที่เป็นแหล่งธาตุอาหารที่รากดูดไปใช้ได้จึงอาจจะถูกจำกัด การเพิ่มปริมาณปุ๋ย และการแบ่งใส่หลายๆ ครั้งจะช่วยใหยางพาราได้รับธาตุอาหารเพียงพอได้

ผลผลิตน้ำยางสดต่อไร่ต่อครั้งกรีดในแปลงที่ดอนส่วนใหญ่สูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ดี เกือบตลอดปี ยกเว้นในระยะเริ่มเปิดกรีดซึ่งเพิ่งผ่านช่วงแล้ง ที่แปลงที่ลุ่มให้ผลผลิตสูงกว่า (รูปที่ 4.4) สอดคล้องกับที่พบว่า น้ำหนักน้ำยางสด (กรัมต่อตันต่อครั้งกรีด) ในแปลงที่ดอนในฤดูฝนมีแนวโน้มสูงกว่าในที่ลุ่ม ในขณะที่ในฤดูแล้งผลผลิตในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 4.9) โดยอาจเกิดจากในแปลงที่ลุ่มดินมีความชื้นสูงกว่า ทำใหยางพาราให้น้ำยางมากกว่า ทั้งนี้ มีรายงานว่า การให้น้ำทำใหยางพาราให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (สุเมธ และคณะ, 2550; Mak *et al.*, 2008) สำหรับเนื้อยางแห้งในแปลงที่ดอนมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงที่ลุ่มตลอดทั้งปี อาจเป็นเพราะในที่ดอนมีสภาพพื้นที่ที่เหมาะสม และได้รับธาตุอาหารสูงกว่าทำให้กระบวนการสร้างเนื้อยางเกิดได้ดีกว่า ทั้งนี้ เนื้อยางแห้งในระยะเปิดกรีดในทุกแปลงจะสูงและค่อย ๆ ลดลง (รูปที่ 4.5)

ในยางพาราก่อนเปิดกรีด พบว่า ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางในแปลงที่ดอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ชูโครสในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดี มีแนวโน้มต่ำกว่าในแปลงที่ได้ผลไม่ดี ในขณะที่แอมโมเนียมโพแทสเซียม และแคลเซียมมีค่าสูงกว่า ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากยางพาราในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดีสร้างเนื้อยางและเจริญเติบโตได้ดีกว่า จึงทำให้ชูโครสลดลงและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในน้ำยางเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.10) ในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลไม่ดีค่าไทอลสูงกว่าแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดี เพราะในที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ระดับน้ำใต้ดินตื้นทำให้ต้นยางเกิดความเครียด จึงมีการสร้างไทอลมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวขัดแย้งกับรายงานที่ว่า ไทอลในน้ำยางจากแปลงที่ดอนสูงกว่าในแปลงนาร้าง (ระวี และอิบรอเฮม,

2553) ส่วนแอมโมเนียในช่องแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงฝน เพราะหลังจากตกใบใหม่ยางพาราต้องการไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตทางด้านกิ่ง ก้าน และใบ สำหรับในยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า ชูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออลในแต่ละแปลงใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 4.11) แต่โพแทสเซียมและแมกนีเซียมในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดีมีแนวโน้มสูงกว่าที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ทั้งนี้เพราะในยางพาราที่มีการกรีดอย่างสม่ำเสมอ ต้นยางพาราจะสร้างน้ำยางทดแทนและธาตุทั้งสองมีความสำคัญต่อกระบวนการดังกล่าว แมกนีเซียมเป็นตัวกระตุ้นของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ทรานสเฟอเรส (transferases) และเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) ซึ่งเปลี่ยนชูโครสเป็นกลูโคสและฟรุคโทสเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาง (Jacob *et al.*, 1989) และการสร้างน้ำยางต้องอาศัยพลังงาน ATP ทำให้มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ฟอสฟอรัสออกมา ดังนั้น ในแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดีซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าจึงมีอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในน้ำยางสูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ซึ่งสอดคล้องกับที่เคยมีรายงานว่าบริเวณใต้อรอยกรีดเป็นพื้นที่ที่มีการสังเคราะห์ยางทดแทน จึงส่งผลให้มีกระบวนการเมแทบอลิซึมสูง โดยจะพบชูโครสต่ำและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสสูง (Chantuma *et al.*, 2006; Silpi *et al.*, 2006) และรายงานที่ว่า อนินทรีย์ฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณผลผลิตน้ำยางพารา (นภาพรรณ และคณะ, 2544 ; Jacob *et al.*, 2000 ; Vinod *et al.*, 2000) ในขณะที่โพแทสเซียมมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสมดุลของน้ำและแร่ธาตุระหว่างการไหลของน้ำยาง (d'Auzac, 1989) ทำให้ธาตุทั้งสองในน้ำยางสูงกว่าในยางพาราก่อนเปิดกรีด และเนื่องจากการกรีดยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดความเครียด จึงทำให้ไทออลในน้ำยางสูงกว่าในระยะก่อนเปิดกรีด และมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดีซึ่งให้ผลผลิตต่ำกว่า

ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบ ในยางพาราก่อนเปิดกรีดในแปลงที่ดอนมีแนวโน้มว่าธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่าในที่ลุ่ม (ตารางที่ 4.12) อาจเป็นเพราะแปลงปลูกยางอยู่ในสภาพที่มีการระบายอากาศดี ทำให้ดูดธาตุอาหารได้มากกว่า สอดคล้องกับที่รายงานว่ายางพาราอายุ 16 ปี ที่ปลูกในพื้นที่นาร้าง มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำกว่าในที่ดอน (ระวี และอิมรอม, 2553) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า ยางพาราที่อยู่ในสภาพน้ำขังทำให้รากฝอยตายเป็นจำนวนมาก จึงทำให้สามารถดูดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้น้อยกว่ายางพาราที่ปลูกในสภาพปกติ (อิมรอม และพิทยา, 2534) แต่กรณีของแมงกานีสพบว่า ในแปลงที่ลุ่มมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงที่ดอน เพราะในสภาพน้ำขังทำให้แมงกานีสละลายได้มาก (ตารางที่ 4.5) จึงทำให้ยางพาราดูดแมงกานีสไปสะสมในใบมากกว่าในที่ดอน (ตารางที่ 4.13) สำหรับธาตุอาหารไนโบในยางพาราหลังเปิดกรีดในทุกสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นในที่ลุ่มที่มีแมงกานีสสูงแต่มีสังกะสีต่ำ (ตารางที่ 4.14 และ 4.15)

### การกระจายของรากและแมงกานีสในราก

ปริมาณรากยางพาราทั้งหมดในฤดูฝนมีมากกว่าในฤดูแล้ง เพราะในฤดูฝนยางพาราได้รับน้ำฝน ทำให้ดินมีความชื้น ธาตุอาหารในดินจึงเป็นประโยชน์มากขึ้น จึงทำให้รากยางเจริญเติบโตได้ดีกว่า โดยที่ทั้งยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด มีปริมาณรากทั้งหมดมากที่ระดับ 15-30 และ 0-15 เซนติเมตร ในที่ดอนและที่ลุ่มตามลำดับ ทั้งนี้ อาจเกิดจากในที่ลุ่มมีระดับน้ำใต้ดินตื้น ในช่วงเวลาหนึ่งโดยเฉพาะในฤดูฝนทำให้รากขาดออกซิเจน ดังนั้น จึงทำให้พบรากในระดับ 0-15 เซนติเมตร มากกว่าที่ระดับ 15-30 เซนติเมตร โดยพบความแตกต่างได้ชัดเจนมากในฤดูฝน (ตารางที่ 4.16 และ 4.17) อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาการกระจายรากหาอาหารของรากพาราโดยวิธีนิวเคลียร์เทคนิค (ลิซิท และคณะ, 2535) พบว่า ในยางอายุ 4-5 ปี การกระจายของรากดูดอาหารจะหนาแน่นในบริเวณห่างจากโคนต้น 100 เซนติเมตร และลึกลงไป 0-15 เซนติเมตร ส่วนในยางหลังเปิดกรีดจะพบรากดูดอาหารหนาแน่นบริเวณห่างจากโคนต้น 300 เซนติเมตร และระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ในขณะที่มีการศึกษาการกระจายของรากหาอาหารของยางพาราหลังเปิดกรีดโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสี ( $^{32}\text{P}$ ) ใส่ให้กับยางพาราที่ระดับ 10, 30, 60 และ 90 เซนติเมตร จากผิวดิน เมื่อตรวจวัด  $^{32}\text{P}$  ในใบและในน้ำยาง ทำให้สรุปได้ว่า รากหาอาหารส่วนใหญ่ (56 %) มีหนาแน่นในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร (George *et al.*, 2009) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่ารากหาอาหารในยางพาราร้อยละ 75 พบบริเวณความลึก 0-20 เซนติเมตร มีเพียงร้อยละ 17.2 และ 1.9 ที่พบในระดับความลึก 20-50 และ 50-90 เซนติเมตร ตามลำดับ (Samarappuli *et al.*, 1999) ดังนั้น การปรับปรุงให้สภาพหน้าดินในที่ลุ่มในระดับ 0-30 เซนติเมตร ให้มีการถ่ายเทอากาศดี น้ำไม่ขัง จะช่วยให้รากหาอาหารทำหน้าที่ได้ดี และทำให้ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอน มีแนวโน้มต่ำกว่าในใบยางพาราในที่ลุ่ม (ตารางที่ 4.13 และ 4.15) ในขณะที่ความเข้มข้นของแมงกานีสในรากกลับตรงกันข้าม (ตารางที่ 4.18 และ 4.19) ทั้งนี้ อาจเกิดจากในสภาพที่ดอนมีการถ่ายเทอากาศดีกว่า ทำให้แมงกานีสที่รากดูดเข้าไปรวมกับออกซิเจนเกิดเป็นสารประกอบแมงกานีส (Havlin *et al.*, 2005) ตกตะกอนในรูปของสารประกอบแมงกานีสออกไซด์และสะสมอยู่ในบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ของราก จึงทำให้มีแมงกานีสสะสมในรากยางพาราที่ปลูกในที่ดอนมากกว่าในที่ลุ่ม

### ปัจจัยที่จำกัดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอน

ในยางพาราที่มีอายุ 5.5 และ 9.5 ปี ที่ปลูกในที่ดอนมีการเจริญเติบโตดีกว่าในที่ลุ่ม (ตารางที่ 4.7 และ 4.8) โดยที่แปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับในแปลงที่ดอน ส่วนผลผลิต พบว่า ผลผลิตในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีมีค่าใกล้เคียงกับในแปลงที่ดอน (รูปที่ 4.4) เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่อาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของยางพารา

ในที่ลุ่มและที่ดอน พบว่า ดินในแปลงที่ดอนมีเนื้อหยาบ ค่าสภาพน้ำสูงกว่าในที่ลุ่ม (ตารางที่ 4.3 และ 4.4) ดินมีการระบายน้ำดี ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกมากกว่า 1 เมตร จึงไม่พบจุดประเนื่องจากการขังน้ำ ในขณะที่ในแปลงที่ลุ่มจะพบจุดประที่เกิดจากรากพืชและน้ำขัง (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) โดยเฉพาะในแปลงที่ลุ่มที่ได้ผลดีใกล้เคียงกับที่ดอนนั้น ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่าในแปลงที่ได้ผลไม่ดี (รูปที่ 4.2 และ 4.3) และพบจุดประที่เกิดจากน้ำขังอยู่ลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร และผลการศึกษาระบายของราก พบว่า ความแปรปรวนของรากในแต่ละสภาพพื้นที่สูง ทำให้ไม่พบความแตกต่างของรากในแปลงยางที่ลุ่มและที่ดอน อย่างไรก็ตาม ในแปลงที่ลุ่มรากส่วนใหญ่กระจายอยู่ใกล้ผิวดินในระดับ 0-15 เซนติเมตร มากกว่าในระดับ 15-30 เซนติเมตร ในขณะที่ในแปลงที่ดอน พบว่า รากกระจายที่ระดับ 15-30 เซนติเมตร มากกว่าลักษณะเช่นนี้จึงส่งผลให้รากยางพาราในที่ดอนสามารถจะดูดอาหารได้ทั้งในระดับ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ประกอบกับในแปลงที่ดอน และที่ลุ่มได้ผลดีมีแนวโน้มว่า ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ดังนั้น ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักไนโตรเจนมีแนวโน้มสูงกว่าในที่ลุ่ม (ตารางที่ 4.12 และ 4.14) และสอดคล้องกับที่พบว่า ทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในน้ำยางจากแปลงที่ดอนและที่ลุ่มได้ผลดีมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี (ตารางที่ 4.10 และ 4.11) จึงส่งผลให้ยางพาราในที่ดอนเจริญเติบโตได้ดีกว่า นอกจากนี้ สาเหตุอีกอย่างหนึ่งที่จะทำให้อย่างพาราที่ปลูกในที่ลุ่มมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตต่ำกว่าที่ดอน คือ ดินในที่ลุ่มมีแมงกานีสสูงกว่าในที่ดอนมาก (ตารางที่ 4.5 และ 4.6) โดยมีค่ามากกว่าระดับที่จัดว่าเป็นพิษ (นุชนารถ, 2554) ทำให้อย่างพาราดูดแมงกานีสไปสะสมในใบจนมีแนวโน้มสูงกว่าในแปลงที่ดอน (ตารางที่ 4.13 และ 4.15) โดยที่มีรายงานว่า หากต้นชาได้รับแมงกานีสสูง ทำให้มีคลอโรฟิลล์ กรดอะมิโน และคาโรทีนอยด์ (carotenoid) ลดลง แต่เอนไซม์ที่เกิดในสภาวะเครียด (antioxidant enzyme) ได้แก่ คาทาเลส (catalase) และ เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) เพิ่มขึ้น (Venkatesan *et al.*, 2007) ทั้งนี้สอดคล้องกับที่พบว่า ไทออลซึ่งเป็นสารที่ต่อต้านอนุมูลอิสระในน้ำยางจากแปลงในที่ลุ่มมีแนวโน้มสูงกว่าจากแปลงที่ดอน (ที่ 4.10 และ 4.11) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า ในแตงกวาที่ได้รับแมงกานีสสูงทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase: SOD) แอสโคเบตเพอร์ออกซิเดส (ascorbate peroxidase) ในใบสูง และทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโต (Shi *et al.*, 2006)

#### แนวทางการจัดการดินและธาตุอาหารยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอน

ดินในที่ดอนมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าในที่ลุ่ม ดังนั้น แคตไอออนต่างๆ ในที่ดอนจึงมีแนวโน้มต่ำกว่าในที่ลุ่ม โดยเฉพาะแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาอินทรีย์วัตถุ พบว่า อินทรีย์วัตถุในดินในที่ลุ่มและที่ดอนมีค่าใกล้เคียงกันและจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับระดับที่เหมาะสมกับยางพารา คือ 10-25 กรัมต่อ

กิโลกรัม ในขณะที่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในแต่ละสภาพพื้นที่มีความแปรปรวนสูงซึ่งน่าจะเกิดจากความไม่สม่ำเสมอในการใส่ปุ๋ย แต่ไม่ได้สะสมมากเหมือนที่พบในสวนไม้ผล (สุมิตรา และคณะ, 2547 ; สุรชาติ และคณะ, 2547) ดังนั้น การใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักอย่างเพียงจึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพราะดินปลูกยางพาราในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีการพัฒนาการมาสูงทำให้มีสภาพเป็นกรด มีโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ เช่นเดียวกับที่เคยรายงานไว้ (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538; ปราโมทย์, 2554) ดังนั้น เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมทำให้ยางพารา ก่อนเปิดกรีดเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 20-8-20 (สิทธิชัย และคณะ, 2556) นอกจากนี้ ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพราะทำให้ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและยังช่วยลดการดูดแอมโมเนียมไนโตรเจนได้ โดยเฉพาะในที่ลุ่มซึ่งแอมโมเนียมไนโตรเจนละลายออกมามาก การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยลดการดูดแอมโมเนียมไนโตรเจนได้ โดยที่แอมโมเนียมไนโตรเจนจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช (Havlin *et al.*, 2005) และต้องมีการปรับปรุงระบบการระบายน้ำในแปลง โดยการขุดคูรอบๆ แปลง ขุดคูระหว่างแถว หรือถ่าน้ำท่วมขังไม่มากอาจขุดดินระหว่างแถวแล้วนำไปกองรวมกันบริเวณแถวที่จะปลูกยาง เพื่อไม่ให้มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน เพราะหากมีน้ำขังจะส่งผลต่อการดูดธาตุอาหารและเพิ่มการละลายของแอมโมเนียมไนโตรเจน ทั้งนี้ ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพราะนอกจากจะช่วยทำให้พืชดูดใช้ปุ๋ยเคมีได้ดีขึ้น ช่วยลดการดูดแอมโมเนียมไนโตรเจนแล้วอินทรีย์วัตถุยังช่วยให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นทำให้มีการระบายน้ำดีขึ้นอีกด้วย

## สรุป

ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มได้ผลดี มีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตใกล้เคียงกับในที่ดอนและสูงกว่าแปลงในที่ลุ่มได้ผลไม่ดี โดยพบว่า ชูโครสในแปลงในที่ดอนและในที่ลุ่มได้ผลดีในยางพารา ก่อนเปิดกรีดมีแนวโน้มต่ำกว่าในแปลงที่ได้ผลไม่ดี แต่ในแปลงหลังเปิดกรีด พบว่า ชูโครสอินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออลในน้ำยางใกล้เคียงกันมาก ในขณะที่โพแทสเซียมและแมกนีเซียมในแปลงในที่ดอนและในที่ลุ่มได้ผลดี มีแนวโน้มสูงกว่าในที่ลุ่มได้ผลไม่ดี และสูงกว่าในยางก่อนเปิดกรีด ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักไนโตรเจนในแปลงก่อนเปิดกรีดในที่ดอนมีแนวโน้มสูงกว่าในที่ลุ่ม แต่พบว่า แอมโมเนียมไนโตรเจนในแปลงในที่ลุ่มมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงในที่ดอนสำหรับในยางพาราหลังเปิดกรีดในทุกสภาพพื้นที่มีธาตุอาหารใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นในที่ลุ่มที่มีแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงแต่มีสังกะสีต่ำ

ดินปลูกยางพาราในสภาพที่ดอนและที่ลุ่มโดยทั่วไปดินมีสภาพเป็นกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในที่ลุ่มเป็นดินลึก และมีเนื้อดินละเอียดกว่าในที่ดอน ส่งผลให้ดินในที่ลุ่มมีระบายน้ำเร็ว และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำต่ำ พบจุดประที่เกิดจากน้ำขังปริมาณมากในระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร โดยเฉพาะในแปลงที่ได้ผลไม่ดี ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุในดินในที่ลุ่มและที่ดอนมีค่าใกล้เคียงกันและจัดอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่มีแอมโมเนียมไนโตรเจนสูง ดังนั้น การใส่ปุ๋ยที่มีธาตุ



อาหารหลักอย่างเพียงพอเป็นสิ่งจำเป็น และควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เพราะทำให้ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและยังช่วยให้ลดการดูดแอมโมเนียได้ โดยเฉพาะในที่ลุ่มซึ่งแอมโมเนียละลายออกมา รวมทั้งควรศึกษาปัญหาความเป็นพิษของแอมโมเนียและแนวทางแก้ไข นอกจากนี้ ต้องมีการปรับปรุงระบบการระบายน้ำในแปลงโดยการขุดคูรอบๆ แปลง ขุดคูระหว่างแถว แต่ถ้าเป็นพื้นที่ที่พบจุดประที่เกิดจากน้ำขังในระดับ 0-30 เซนติเมตร เป็นปริมาณมาก ไม่ควรใช้พื้นที่นั้นปลูกยางพารา

## บทที่ 5

### สถานะโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม และความสัมพันธ์กับธาตุอาหารไนโบและไน้อย่างพารา

#### คำนำ

พื้นที่ดอนที่มีหน้าดินลึกเป็นพื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา แต่เนื่องจากราคาน้ำยางพาราปีก่อนหน้ามีราคาเฉลี่ยสูงขึ้นทุก ๆ ปี โดยในปี พ.ศ. 2545 น้ำยางพารามีราคาเพียง 26.86 บาท/กิโลกรัม ขณะที่ในปี พ.ศ. 2546 - 2550 ราคาของพาราเริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้นเป็น 37.93, 43.72, 52.49, 68.08 และ 72.15 บาท/กิโลกรัม จนกระทั่งปี พ.ศ. 2551 น้ำยางพารามีราคา 79.87 บาท/กิโลกรัม แต่ในปี พ.ศ. 2552 เกิดปัญหาเศรษฐกิจโลก ประกอบกับเงินบาทประเทศไทยแข็งค่าขึ้น ส่งผลให้ราคาน้ำยางพาราลดลงเหลือ 59.46 บาท/กิโลกรัม เมื่อเศรษฐกิจโลกดีขึ้นความต้องการใช้ยางพาราเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ราคาน้ำยางพาราปรับตัวสูงขึ้นเป็น 106.22 และ 132.36 บาท/กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2553 และ 2554 ตามลำดับ (สถาบันวิจัยยาง, 2550; สถาบันวิจัยยาง, 2555)

จากราคายางพาราที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในเวลาดังกล่าวส่งผลให้เกษตรกรในหลายจังหวัดรวมทั้งในจังหวัดสงขลาปลูกยางพาราในที่ลุ่มซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียดและเป็นพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราในช่วงเวลาดังกล่าวเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปในดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al.*, 2005) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักของยางพารามีหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ช่วยให้พืชและระบบรากแข็งแรง ควบคุมสมดุลน้ำในพืช และทำให้ผลผลิตน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น (Joseph *et al.*, 1998) นอกจากนี้ โพแทสเซียมยังช่วยเพิ่มขนาดเส้นรอบวงของลำต้นและทำให้น้ำยางที่กรีดแล้วสร้างเปลือกใหม่เร็วขึ้น (นุชนารถ, 2543) โพแทสเซียมในดินแบ่งออกเป็น 4 รูป คือ 1) โพแทสเซียมในสารละลายดิน 2) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 3) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง และ 4) โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และโพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมทั้งสองรูปนี้มีเพียง 0.1 - 2 % ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ส่วนโพแทสเซียมที่ถูกตรึงซึ่งเป็นส่วนที่จะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชมี 1 - 10 % และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่มีสูงถึง 90 - 98 % ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Havlin *et al.*, 2005) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินมีความสัมพันธ์กัน โดยมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่สกัดได้กับโพแทสเซียมในสารละลายดิน และโพแทสเซียมที่สกัดได้กับโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินอันดับ อัลทิสซอลล์และออกซิซอลล์ (Darunsontaya *et al.*, 2009)

โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินอยู่ในสภาวะสมดุลกัน เมื่อโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลงจากการดูดกินของรากพืช หรือถูกชะละลายและไม่มีกำเริบชดเชยส่วนที่สูญเสียไป จะทำให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปอื่น ๆ ออกมาในสารละลายดิน เช่น โพแทสเซียมที่ถูกตรึง หรือโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ เพื่อรักษาสมดุล (Havlin *et al.*, 2005; Brady and Weil, 2008) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช มีรายงานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) ระหว่างโพแทสเซียมที่ถั่วเหลืองดูดนำไปใช้ส่วนเหนือดินกับโพแทสเซียมในสารละลายดิน ( $r = 0.93$ ) กับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ( $r = 0.87$ ) และกับโพแทสเซียมที่ถูกตรึง ( $r = 0.91$ ) (Taiwo *et al.*, 2010)

การปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ ส่งผลให้โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินลดลง เช่น โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ดารากร และคณะ, 2553; Chun-man *et al.*, 2007; Hosseinifard *et al.*, 2010) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Samadi *et al.*, 2008; Hosseinifard *et al.*, 2010; Darunsontaya *et al.*, 2012) และโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Karthikakuttyamma *et al.*, 1998; Ulaganathan *et al.*, 2012) ดังนั้น การทราบรูปของโพแทสเซียมในดินจะช่วยให้ทราบถึงโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และศักยภาพของดินที่จะเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมกับพืช เพราะรูปที่เป็นแหล่งสำรองในดินจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเพื่อรักษาระดับโพแทสเซียมและให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

ความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียมในสารละลายดินเป็นความสามารถของดินในการรักษาความเข้มข้นโพแทสเซียม ซึ่งมีหลักการหาค่าด้วยกับ Adsorption isotherm ของฟอสฟอรัส โดยได้จากสัดส่วนของโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ (quantity; Q) กับโพแทสเซียมในสารละลายดิน (intensity; I) (Yawson *et al.*, 2011) หรือสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยทำให้ดินถึงสมดุลกับแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.01 โมลาร์ (0.01M  $\text{CaCl}_2$ ) (quantity; Q) กับโพแทสเซียมความเข้มข้นต่าง ๆ (intensity; I) แล้วพลอตกราฟระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับหรือปลดปล่อย (แกน Y) กับค่า Activity ratio ( $AR^K = aK/(aCa + aMg)^{1/2}$ ) (แกน X) (ปัทมา, 2547; Wang *et al.*, 2004) โดยความลาดเอียงของกราฟที่ได้ในส่วนที่เป็นเส้นตรงคือ Potential buffering capacity (PBC<sup>K</sup>) ซึ่งเป็นความสามารถของดินในการรักษาระดับโพแทสเซียมในสารละลายดิน (ปัทมา, 2547; Taiwo *et al.*, 2010) หรือที่เรียกว่า K buffering ability (Wang *et al.*, 2004) ซึ่งความสามารถของดินดังกล่าวมีสูงในดินเนื้อละเอียด (ปัทมา, 2547)

นอกจากนั้น มีการดัดแปลงวิธีการดังกล่าว โดยเติมโพแทสเซียมในดินอัตราต่าง ๆ แล้วบ่มดินทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดสกัดโพแทสเซียมในดิน แล้วพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่เติม (แกน Y) กับโพแทสเซียมที่สกัดได้ (แกน X) โดย

ความชันของกราฟเส้นตรงที่ได้เรียกว่าสัมประสิทธิ์บัฟเฟอร์ของโพแทสเซียม (buffer coefficient for potassium;  $BC_K$ ) (สาริสสา, 2552) โดยค่าที่ได้บอกถึงความสามารถของดินในการดูดซับโพแทสเซียม หากมีค่าสูง (ค่าใกล้เคียง 1) แสดงว่าเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดิน ดินมีการตรึงโพแทสเซียมไว้ได้น้อย ดินจึงมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง หากมีค่าต่ำแสดงว่าดินตรึงโพแทสเซียมได้สูง จึงเหลือโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินน้อยกว่าที่ใส่ลงไป

ในการประเมินความเป็นประโยชน์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินส่วนใหญ่ใช้แอมโมเนียมอะซิเตต ( $1\text{ M NH}_4\text{OAc pH 7}$ ) เป็นสารสกัด เพราะวิธีดังกล่าวมีความสัมพันธ์สูงกับโพแทสเซียมที่พืชดูดนำไปใช้ ( $r = 0.94$ ) (สุรเชษฐ, 2550) พืชส่วนใหญ่ได้รับธาตุอาหารจากดิน ดังนั้น การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชจึงสะท้อนภาพรวมของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบจึงประเมินธาตุอาหารในพืชได้ แต่ในบางพาราลหลังเปิดกรีดเก็บใบได้ค่อนข้างลำบาก เนื่องจากลำต้นบางพาราลหลังเปิดกรีดมีความสูง 15 - 20 เมตร และในการเก็บตัวอย่างใบบางพาราลต้องเก็บในช่วงใบมีอายุ 100 - 150 วัน (นุชนารถ, 2542) ในน้ำบางพาราลประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างน้ำบางพาราล และในปัจจุบันมีการศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำบางพาราล เพื่อใช้ตรวจสอบสุขภาพของต้นบางพาราล แต่ยังไม่มีการศึกษาโพแทสเซียมในน้ำบางพาราลซึ่งอาจพบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในเซรัมน้ำบางพาราลกับโพแทสเซียมในดินหรือในใบ ดังนั้นจึงนำไปสู่การศึกษาสถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำบางพาราล และสัมประสิทธิ์บัฟเฟอร์ของโพแทสเซียมในดินปลูกบางพาราลในที่ดอนและในที่ลุ่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมกับบางพาราลให้มีความสอดคล้องกับสถานะโพแทสเซียมในดินและในใบบางพาราล

## วิธีการศึกษา

ศึกษาสถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำบางพาราลจากสวนบางพาราลที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มในจังหวัดสงขลา ซึ่งมีทั้งระยะก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดยเก็บดินมาวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ แล้วประมาณค่าแบบช่วงและหาความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำบางพาราล ตลอดจนศึกษาสัมประสิทธิ์บัฟเฟอร์ของโพแทสเซียมในกลุ่มเนื้อดินต่าง ๆ ดังนี้

### สถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำบางพาราล

เลือกสวนบางพาราลพันธุ์ RRIM 600 ในอำเภอคลองหอยโข่ง อำเภอนาทวี และอำเภอรัตภูมิ ในจังหวัดสงขลา ที่ปลูกในที่ดอนซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินและน้ำไม่ท่วมขัง

และแปลงยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่ม (พื้นที่นาร้าง) ซึ่งช่วงหนึ่งของรอบปีมีระดับน้ำใต้ดินอยู่เหนือผิวดิน โดยมีแปลงในระยะก่อนเปิดกรีด (อายุ 4 ปี) และหลังเปิดกรีด (อายุ 8 ปี) อำเภอละ 30 แปลง รวมทั้งหมดใช้แปลงในการศึกษา 90 แปลง

**การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน** เก็บดินโดยใช้สว่านเจาะดิน โดยวิธีสุ่มเลือกและทิศทางการสุ่มแบบ X-shaped เก็บดินแปลงละ 9 จุด ที่ความลึก 0 - 30 และ 30 - 60 เซนติเมตรจากผิวดิน (Karthikakuttyama *et al.*, 2000) เอาดินในช่วงความลึกที่ต้องการ (0 - 30 หรือ 30 - 60 เซนติเมตร) ใส่ในถัง เก็บจนครบ 9 จุด แล้วคลุกดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นแบ่งดินมา 1 กิโลกรัม แล้วนำดินไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร (10 เมช) เก็บดินที่ผ่านการร่อนไว้ในกระป๋องพลาสติกที่สะอาด สำหรับวิเคราะห์โพแทสเซียมในดินทั้ง 4 รูป คือ โพแทสเซียมในสารละลายดิน (Water-K) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-K) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed-K) และโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Total-K) ตามวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1) โพแทสเซียมในสารละลายดิน (Water-K) ชั่งดิน 8.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำที่ปราศจากไอออน 40 มิลลิลิตร (ดิน : น้ำ = 1 : 5) เขย่า 3 นาที วางทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง กรองส่วนใสผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 5 แล้วนำสารละลายวิเคราะห์โพแทสเซียมในสารละลายดินด้วยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (Atomic Emission Spectrophotometry) (Samadi *et al.*, 2008)

2) โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเตต ( $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ ) ชั่งดิน 5.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมแอมโมเนียมอะซิเตต (1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที กรองส่วนใสผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 5 แล้วนำสารละลายวิเคราะห์โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเตตด้วยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (จำเป็น, 2547) ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ได้จะเป็นผลรวมของ Water-K กับ Exch-K

3) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-K) ได้จาก  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ลบด้วย Water-K

4) โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3\text{-K}$ ) ชั่งดิน 2.50 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริก (1 M  $\text{HNO}_3$ ) 25 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 113 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที เพื่อให้กรดไนตริกทำลายโครงสร้างของแร่และทำให้โพแทสเซียมที่ถูกตรึงออกมาในสารละลาย หลังจากนั้น วางให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 50 ใส่ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนตริกด้วยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (Helmke and Sparks, 1996) ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ได้จะเป็นผลรวมของ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  กับ Fixed-K

5) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed-K) ได้จาก  $\text{HNO}_3\text{-K}$  ลบด้วย  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$

6) โปแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Total-K) ชั่งดิน 0.5 กรัม ในเทปลอนบีเกอร์ (teflon breaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรดเข้มข้นผสมระหว่างกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) กับไฮโดรคลอริก (HCl) (อัตราส่วน 1 : 3 v/v) 1 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ลงไป 10 มิลลิลิตร นำไปต้มให้ความร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้กรดไฮโดรฟลูออริกทำลายโครงสร้างของแร่ซิลิเกตโดยฟลูออไรด์ไอออน ( $\text{F}^-$ ) ทำปฏิกิริยากับซิลิกอนไอออน ( $\text{Si}^{4+}$ ) เกิดเป็นซิลิกอนเตตระฟลูออไรด์ ( $\text{SiF}_4$ ) และระเหยเมื่อได้รับความร้อน หลังจากนั้น วางให้เย็นแล้วใช้น้ำที่ปราศจากไอออนชะของเหลวในเทปลอน บีเกอร์ลงในขวดปรับปริมาตรพลาสติก (plastic volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีกรดบอริก 2.8 กรัม เพื่อเปลี่ยนฟลูออไรด์ไอออนที่เหลือให้อยู่ในรูปกรดฟลูออโรบอริก (fluoroboric acid;  $\text{HBF}_4$ ) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้น นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์โปแทสเซียมทั้งหมดโดยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (ถวิล, 2530; Helmke and Sparks, 1996)

นอกจากนั้น วิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ ร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว (hydrometer method) (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2554) พีเอช (ดิน : น้ำ = 1 : 5) ค่าการนำไฟฟ้า (ดิน : น้ำ = 1 : 5) อินทรีย์วัตถุ (Walkley-Black method) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II method) โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ที่สกัดได้ ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  extraction) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ammonium saturation method) ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเป็น, 2547)

การเก็บและวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบยางพารา เก็บใบหลังจากยางพาราผลิใบใหม่ 100 - 150 วัน และเก็บหลังจากใส่ปุ๋ยอย่างน้อย 70 วัน (นุชนารถ, 2542) ในแต่ละแปลงเก็บใบจากต้นยางพารา 9 ต้น ที่อยู่ใกล้จุดเก็บตัวอย่างดิน เก็บใบต้นละ 4 - 6 ใบ ยางพาราก่อนเปิดกรีด ใบที่เก็บต้องเป็นกิ่งที่อยู่ในร่มเงาทั้งสองข้างของทรงพุ่ม ส่วนยางพาราที่เปิดกรีดแล้วใบที่เก็บเป็นใบของกิ่งในร่มระหว่างแถวและใบอยู่ในตำแหน่งคูล่างหรือใบที่ 1 และ 2 ของฉัตรแรก เก็บใบใส่ถุงกระดาษเก็บตัวอย่างพืช หลังจากนั้น เช็ดใบกำจัดฝุ่นและอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 - 3 วัน เมื่อตัวอย่างใบแห้งนำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (mesh) แล้วเก็บไว้ในถุงกระดาษสำหรับนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร ย่อยตัวอย่างใบยางพาราด้วยกรดซัลฟิวริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) สำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจน (Kjeldahl method) และย่อยด้วยกรดไนตริกผสมเพอร์คลอริก สำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยทำให้เกิดสีด้วยวิธีวานโดโมลิบเดต (vanadomolybdate method) วิเคราะห์โปแทสเซียมโดยใช้หลักการเปล่งแสงของอะตอม แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยวิธีการดูดกลืนแสงของอะตอม (Atomic Absorbption Spectrophotometry) ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเป็น, 2547)

**การเก็บและวิเคราะห์ธาตุอาหารในเซรัมน้ำยางพารา** เก็บน้ำยางพาราในช่วงเช้า (6.00 - 12.00 นาฬิกา) ในระยะก่อนใส่ปุ๋ยจากต้นยางพาราที่เก็บใบ เก็บน้ำยางพาราต้นละ 1 มิลลิลิตร (ประมาณ 15 หยด) จำนวน 9 ต้น โดยใช้เหล็กปลายแหลมเจาะทำมุมประมาณ 30 องศา กับลำต้นยางพารา หากเป็นยางพาราที่ก่อนเปิดกรีดเจาะที่ความสูง 150 เซนติเมตรจากผิวดิน ส่วนยางพาราที่เปิดกรีดแล้วเจาะใต้รอยกรีดลงมา 5 เซนติเมตร แล้วสอดหลอดพลาสติกเพื่อลำเลียงน้ำยางพารา ปล่อยน้ำยางพารา 2 - 3 หยดแรกทิ้ง รองรับน้ำยางพาราด้วยหลอดแก้วที่แช่อยู่ในภาชนะที่บรรจุน้ำแข็ง นำน้ำยางพาราที่เก็บได้จาก 9 ต้นผสมให้เข้ากันแล้วตกตะกอนเนื้อยางทันทีในแปลง โดยบีบอัดน้ำยางพารา 2 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วแล้วเติมสารละลายผสมที่ซีเอกับอีดีทีเอ (trichloroacetic acid; 2.5 % w/v TCA + 0.01 % w/v EDTA) 18 มิลลิลิตร เขย่าให้เนื้อยางจับตัวแล้วกรองผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 เก็บสารละลายที่กรองได้ที่เรียกว่าเซรัม (serum) แช่ไว้ในกระติกน้ำแข็งเพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธีการเปล่งแสงของอะตอมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (วารุณี และคณะ, 2556)

**การวิเคราะห์ข้อมูล** นำผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา ตลอดจนสมบัติทางเคมีและร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินในที่ดินและในที่ลุ่มมาประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้สูตร  $\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} SD/\sqrt{n}$  เมื่อ  $\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล  $Z$  คือ ค่าพื้นที่ในตารางที่ได้จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน  $\alpha$  คือ ระดับนัยสำคัญในที่นี้ใช้ที่ 0.05  $SD$  คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ  $n$  คือ จำนวนข้อมูล (บุญธรรม, 2553) แล้วเปรียบเทียบโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราของยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มโดยการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (independent sample t-test) ตลอดจนประเมินสถานะโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินและในใบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ได้มีกำหนดไว้

**ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา** นำผลวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา มาหาความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ดังนี้

- 1) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน
- 2) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติทางเคมีบางประการของดิน
- 3) โพแทสเซียมในใบกับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา
- 4) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

### สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียม (BC<sub>K</sub>) ในดินปลูกยางพารา

ดินที่ใช้ศึกษา ใช้เนื้อดิน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ชุดดิน จากแปลงปลูกยางพารา โดยแต่ละกลุ่มเนื้อดินประกอบด้วยเนื้อดินและระบบการจำแนกดังนี้ (วุฒิชชาติ, 2550)

**กลุ่มดินเนื้อละเอียด (fine-textured soil)** ชุดดินที่ใช้ศึกษา คือ

บางนารา (Ba) Fine, kaolinitic, isohyperthermic, Typic Paleaquults

อ่าวลึก (Ak) Very - fine, kaolinitic, isohyperthermic, Rhodic Kandiodoxs

พะวง (Paw) Very - fine, kaolinitic, isohyperthermic, Umbric Paleaquults

**กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (medium-textured soil)** ชุดดินที่ใช้ศึกษา คือ

ภูเก็ต (Pk) Fine, kaolinitic, isohyperthermic, Typic Kandiodults

ฝงแดง (Fd) Fine - loamy, kaolinitic, isohyperthermic, Rhodic Kandiodults

สายบุรี (Bu) Fine - silty, kaolinitic, isohyperthermic, Aquic Kandiodults

**กลุ่มดินเนื้อหยาบ (coarse-textured soils)** ชุดดินที่ใช้ศึกษา คือ

บาเจาะ (Bc) Coated, isohyperthermic, Typic Quartzipsamments

คองหงส์ (Kh) Coarse - loamy, kaolinitic, isohyperthermic, Typic Kandiodults

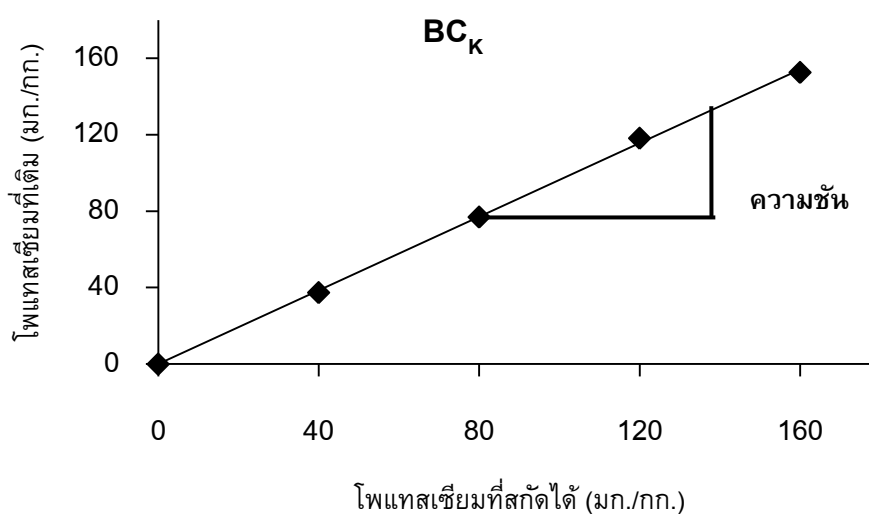
น้ำกระจาย (Ni) Coarse - loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic, Typic Plinthaquults

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและร้อยละอนุมภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว นำดินทั้ง 9 ชุดดินวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้ง 4 รูป คือ โพแทสเซียมในสารละลายดิน (Water-K) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-K) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed-K) และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total-K) นอกจากนั้น วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินได้แก่ พีเอช (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อินทรีย์วัตถุ (OM) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) แคลเซียมที่สกัดได้ (extractable Ca) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (extractable Mg) โซเดียมที่สกัดได้ (extractable Na) และร้อยละอนุมภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ตามวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้า

สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียม นำตัวอย่างดินที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตร ที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 5.00 กรัม ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) โดยเติมโพแทสเซียมลงไป 1 มิลลิกรัม อัตรา 0, 40, 80, 120 และ 160 มิลลิกรัม โพแทสเซียม/กิโลกรัม ใส่ในหลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร บ่มดินโดยให้ความชื้นอยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ของสภาพความชื้นสนาม (FC) 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดอบดินที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้ดินแห้ง จากนั้นปล่อยให้ดินอยู่ใน



สภาพแห้ง 21 ชั่วโมง ทำเช่นเดียวกันนี้เพื่อให้ดินเปียกกลับแห้ง 3 ครั้ง บ่มดิน 2 สัปดาห์ ที่ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เมื่อครบกำหนดวิเคราะห์โพแทสเซียมที่สกัดได้ใน ดิน โดยสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตต (1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7) แล้ววัดโพแทสเซียมโดยวิธีการ แปลงแสงของอะตอมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer นำข้อมูลมาสร้าง สมการและหาสัมประสิทธิ์บัฟเฟอร์ (buffer coefficient for potassium;  $\text{BC}_K$ ) จากความชันของ กราฟเส้นตรงระหว่างโพแทสเซียมที่สกัดได้ (แกน X) กับโพแทสเซียมที่เติม (แกน Y) (รูปที่ 5.1) (สาริศา, 2552)



รูปที่ 5.1 ค่า  $\text{BC}_K$  จากการพลอตกราฟระหว่างโพแทสเซียมที่เติมกับโพแทสเซียมที่สกัดได้ใน ดิน

### ผลการศึกษา

#### สถานะโพแทสเซียมในดิน ไบ และเซรุ่มน้ำยางพารา

สมบัติทั่วไปของดินในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา ดินปลูกยางพาราในที่ ดอนและที่ลุ่มมีพีเอช อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ โพแทสเซียมที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5.1) แต่สมบัติทางเคมีบางประการของดินบน (0 - 30 เซนติเมตร) ดินในที่ดอนมีค่าต่ำกว่าในที่ลุ่ม ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 17 - 26 และ 35 - 59 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร แคลเซียมที่สกัดได้ 44 - 84 และ 127 - 201 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แมกนีเซียมที่สกัดได้ 9 - 20 และ 19 - 35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โซเดียมที่สกัดได้ 8 - 11 และ 12 - 18 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน 1.52 - 2.40 และ 1.91 - 3.23

เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นในดินล่าง (30 - 60 เซนติเมตร) เช่นกัน ดินบนในที่ดอนมีเนื้อดินหยาบกว่าดินบนในที่ลุ่มโดยมีร้อยละอนุภาคทราย 53 - 61 ในขณะที่ดินบนในที่ลุ่มมีร้อยละ 40 - 53 ส่วนอนุภาคดินเหนียวจะกลับกัน กล่าวคือ ดินบนในที่ดอนมีค่าต่ำกว่าดินบนในที่ลุ่มโดยมีอนุภาคดินเหนียวร้อยละ 18 - 24 ในขณะที่ดินบนในที่ลุ่มมีร้อยละ 22 - 31

ตารางที่ 5.1 สมบัติทางเคมีและอนุภาคดินของดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม

สมบัติดิน	ดินบน (0 - 30 ซม.)		ดินล่าง (30 - 60 ซม.)	
	ที่ดอน	ที่ลุ่ม	ที่ดอน	ที่ลุ่ม
pH (ดิน:น้ำ =1:5)	5.12 - 5.68	5.17 - 5.98	5.16 - 5.43	5.27 - 5.52
EC (1:5) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	17 - 26	35 - 59	15 - 22	22 - 30
OM (ก./กก.)	9 - 12	10 - 13	4 - 5	3 - 4
Total N (ก./กก.)	0.47 - 0.63	0.63 - 0.79	0.36 - 0.49	0.34 - 0.43
Avai. P (มก./กก.)	9 - 15	8 - 15	3 - 4	3 - 4
Extr. K (มก./กก.)	29 - 41	31 - 41	18 - 27	17 - 26
Extr. Ca (มก./กก.)	44 - 84	127 - 201	32 - 83	93 - 151
Extr. Mg (มก./กก.)	9 - 20	19 - 35	7 - 14	17 - 30
Extr. Na (มก./กก.)	8 - 11	12 - 18	6 - 7	15 - 22
CEC ( $\text{cmol}_c/\text{kg}$ )	1.52 - 2.40	1.91 - 3.23	2.21 - 4.05	3.30 - 4.92
Sand (%)	53 - 61	40 - 53	46 - 60	30 - 41
Silt (%)	21 - 24	23 - 31	22 - 31	33 - 41
Clay (%)	18 - 24	22 - 31	17 - 23	25 - 31

หมายเหตุ : ค่าได้จากการประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

**โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินปลูกยางพารา** โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ รูป  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ซึ่งเป็นผลรวมของ Water-K และ Exch-K พบว่า ดินในที่ดอนและที่ลุ่มมี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  จากการประมาณค่าแบบช่วงใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5.2) และมีค่าเฉลี่ย Water-K เท่ากับ 12 และ 12 มิลลิกรัม/กิโลกรัม Exch-K 23 และ 24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  35 และ 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินที่ดอนและที่ลุ่ม ตามลำดับ (รูปที่ 5.2 A) เช่นเดียวกับดินล่างที่พบว่า Exch-K จากการประมาณค่าแบบช่วงใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5.2) และไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมรูปดังกล่าวเช่นเดียวกับดินบน (รูปที่ 5.2 B)

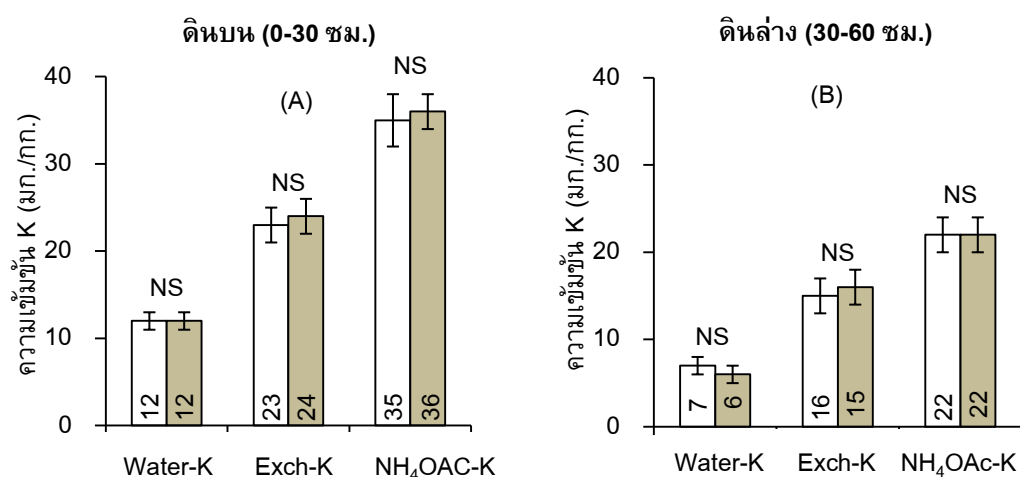
ความเข้มข้นของโพแทสเซียมรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินบนในที่ดอนต่ำกว่าในที่ลุ่ม และจากการประมาณค่าแบบช่วงแต่ละรูปมีค่าค่อนข้างกว้าง โดย Fixed-K เท่ากับ 16 - 23 และ 26 - 57 มิลลิกรัม/กิโลกรัม  $\text{HNO}_3\text{-K}$  47 - 62 และ 59 - 96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ Total-K 1,292 - 2,437 และ 6,106 - 9,288 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินที่ดอนและที่ลุ่ม ตามลำดับ (ตารางที่ 5.2) ส่วนค่าเฉลี่ยของ Fixed-K ของดินบนเท่ากับ 19 และ 35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม  $\text{HNO}_3\text{-K}$  54 และ 77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ Total-K 1,865 และ 7,702 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินที่ดอน

และที่ลุ่ม ตามลำดับ (รูปที่ 5.3 A และ 5.4) ส่วนดินล่างความเข้มข้นโพแทสเซียมรูปดังกล่าวในดินที่ตอนมีค่าต่ำกว่าดินในที่ลุ่มเช่นเดียวกับที่พบในดินบน (รูปที่ 5.3 B และ 5.4)

ตารางที่ 5.2 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ตอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา

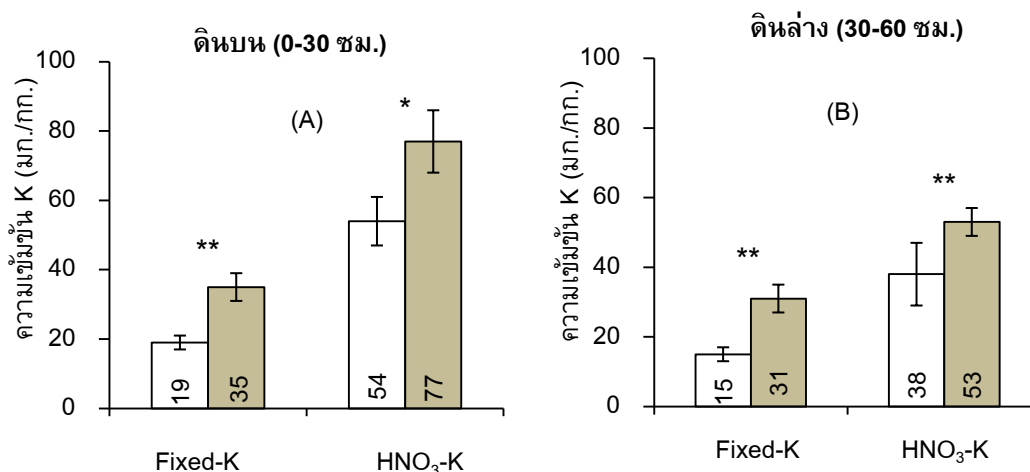
รูปของ K (มก./กก.)	ค่า	ดินบน (0 - 30 ซม.)		ดินล่าง (30 - 60 ซม.)	
		ที่ตอน	ที่ลุ่ม	ที่ตอน	ที่ลุ่ม
Water-K	ต่ำสุด - สูงสุด	4 - 24	5 - 24	2 - 14	3 - 17
	ช่วง	10 - 14	10 - 13	6 - 8	5 - 7
Exch-K	ต่ำสุด - สูงสุด	6 - 45	13 - 55	2 - 29	4 - 53
	ช่วง	19 - 27	21 - 27	12 - 19	12 - 19
NH <sub>4</sub> OAc-K	ต่ำสุด - สูงสุด	10 - 67	21 - 78	7 - 69	10 - 69
	ช่วง	29 - 41	31 - 41	18 - 27	17 - 26
Fixed-K	ต่ำสุด - สูงสุด	2 - 44	4 - 81	3 - 38	1 - 78
	ช่วง	16 - 23	26 - 57	12 - 19	23 - 39
HNO <sub>3</sub> -K	ต่ำสุด - สูงสุด	24 - 93	33 - 278	11 - 108	22 - 108
	ช่วง	47 - 62	59 - 96	32 - 43	45 - 61
Total-K	ต่ำสุด - สูงสุด	355 - 6,453	534 - 17,044	291 - 7,973	487 - 21,962
	ช่วง	1,292 - 2,437	6,106 - 9,288	1,604 - 4,613	6,476 - 10,263

หมายเหตุ : ช่วงได้จากการประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 5.2 ความเข้มข้นของ Water-K, Exch-K และ NH<sub>4</sub>OAc-K ในดินที่ตอน (□) และในที่ลุ่ม (■) ที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 (A) และ 30-60 (B) เซนติเมตร

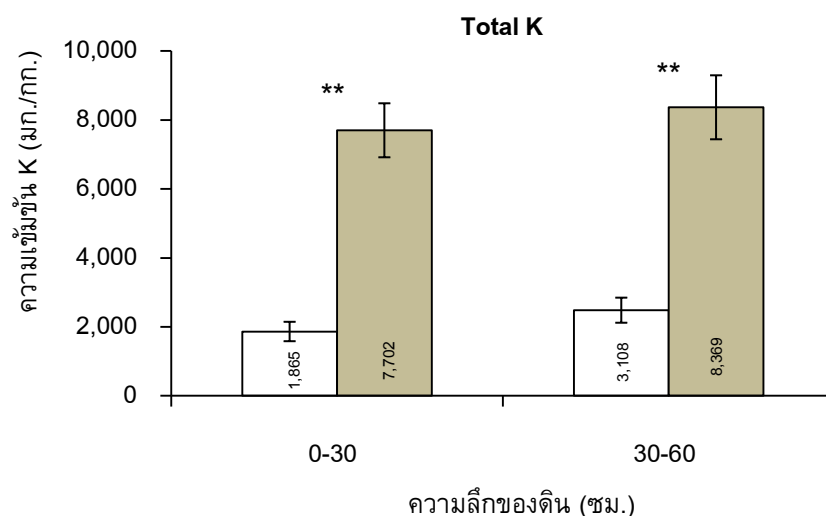
หมายเหตุ: NS = ไม่แตกต่างทางสถิติ, I = Standard error



รูปที่ 5.3 ความเข้มข้นของ Fixed-K และ HNO<sub>3</sub>-K ในดินที่ตอน (□) และในที่ลุ่ม (■) ที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 (A) และ 30-60 (B) เซนติเมตร

หมายเหตุ: \*, \*\* แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่  $P \leq 0.05$  และ  $0.01$  ตามลำดับ

I = Standard error



รูปที่ 5.4 ความเข้มข้นของ Total-K ในดินปลูกยางพาราในที่ตอน (□) และในที่ลุ่ม (■) ที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร

หมายเหตุ: \*\* แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่  $P \leq 0.01$ , I = Standard error

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกยางพาราในที่ตอนและที่ลุ่ม ดินบนในที่ตอนและ ในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (NH<sub>4</sub>OAc-K) ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 5.2) เมื่อนำโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ตอนและในที่ลุ่มที่ความลึก 0-30 เซนติเมตรของแปลง

ปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของสถาบันวิจัยยาง พบว่า ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ต่ำ คือ ต่ำกว่า 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีด (ตารางที่ 5.3) และหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 5.4) ดินในที่ดอนของยางพาราก่อนเปิดกรีดร้อยละ 47 และในที่ลุ่มร้อยละ 75 ของแปลงที่ศึกษามี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ต่ำ ใกล้เคียงกับเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสายใจ (สายใจ, 2554) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma *et al*, 2000) พบว่า ร้อยละของแปลงที่มี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ในระดับต่ำมีมากกว่า และดินส่วนใหญ่มี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ต่ำ ดินปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ต่ำ โดยดินในที่ดอนร้อยละ 64 และดินในที่ลุ่มร้อยละ 72 มี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ต่ำเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดียพบว่า ร้อยละของแปลงที่มี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ระดับต่ำมีมากกว่า และร้อยละของแปลงในที่ลุ่มมี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ในระดับต่ำมากกว่าแปลงในที่ดอน

**ตารางที่ 5.3** ระดับโพแทสเซียม ( $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ ) ในดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ความลึก 0-30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียมในดิน (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ (< 40)	ปานกลาง (40 - 60)	สูง (> 60)
สถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554)	ที่ดอน (n=19)	47	32	21
	ที่ลุ่ม (n=28)	75	18	7
สายใจ (2554)	ที่ดอน (n=19)	47	42	2
	ที่ลุ่ม (n=28)	71	25	4
สถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma <i>et al</i> , 2000)	ที่ดอน (n=19)	69	26	5
	ที่ลุ่ม (n=28)	82	18	0

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้น K ที่สกัดโดย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7 (มก./กก.) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

ตารางที่ 5.4 ระดับโพแทสเซียม ( $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ ) ในดินปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดที่ความลึก 0-30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียมในดิน (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ (< 40)	ปานกลาง (40 - 60)	สูง (> 60)
สถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554)	ที่ดอน (n=25)	64	24	12
	ที่ลุ่ม (n=18)	72	22	6
สถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma <i>et al</i> , 2000)	ที่ดอน (n=25)	80	20	0
	ที่ลุ่ม (n=18)	83	17	0

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้น K ที่สกัดโดย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7 (มก./กก.) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม โพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าอยู่ในช่วง 7.85 - 10.10 และ 9.37 - 11.31 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5.5) ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 10.45 - 13.51 และ 12.00 - 13.72 กรัม/กิโลกรัม ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนมีแนวโน้มต่ำกว่าในที่ลุ่มเล็กน้อยซึ่งพบทั้งในยางก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดยค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในดินที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่า 9.26 และ 10.34 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่า 12.65 และ 12.84 กรัม/กิโลกรัม ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ

ตารางที่ 5.5 โพลีแซคไคเดียมในใบยางพารา ก่อนเปิดกรีตและหลังเปิดกรีตที่ปลูกในที่ดอน และในที่ลุ่ม

ระยะ	ค่า	โพลีแซคไคเดียมในใบ (ก./กก.)	
		ที่ดอน (n = 19)	ที่ลุ่ม (n = 28)
ก่อนเปิดกรีต	ต่ำสุด - สูงสุด	5.23 - 13.88	7.36 - 14.22
	ช่วง	7.85 - 10.10	9.37 - 11.31
	<b>เฉลี่ย<sup>NS</sup></b>	<b>9.26</b>	<b>10.34</b>
หลังเปิดกรีต	ต่ำสุด - สูงสุด	7.67 - 21.15	10.69 - 15.08
	ช่วง	10.45 - 13.51	12.00 - 13.72
	<b>เฉลี่ย<sup>NS</sup></b>	<b>12.65</b>	<b>12.84</b>

หมายเหตุ : ช่วงได้จาก การประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

NS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อนำโพลีแซคไคเดียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานระดับโพลีแซคไคเดียมในใบยางพาราของสถาบันวิจัยยางพบว่า แปลงยางพารา ก่อนเปิดกรีตในที่ดอนร้อยละ 95 และในที่ลุ่มร้อยละ 93 มีโพลีแซคไคเดียมในใบต่ำ (ตารางที่ 5.6) โดยมีค่าน้อยกว่า 13.5 กรัม/กิโลกรัม สอดคล้องกับเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของสายใจและสถาบันวิจัยยางอินเดียที่พบว่า ยางพารา ก่อนเปิดกรีตที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพลีแซคไคเดียมในใบต่ำ (ตารางที่ 5.6) ยางพารา หลังเปิดกรีต ในที่ดอนร้อยละ 68 และในที่ลุ่มร้อยละ 67 มีโพลีแซคไคเดียมในใบต่ำเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของ สถาบันวิจัยยาง แต่หากเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานสถาบันวิจัยยางอินเดียพบว่า แปลงยางพารา หลังเปิดกรีตในที่ดอนร้อยละ 20 และในที่ลุ่มร้อยละ 6 มีโพลีแซคไคเดียมในใบต่ำ (ตารางที่ 5.7)

ตารางที่ 5.6 ระดับโพแทสเซียมในใบยางพารา ก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดินดอนและในที่ลุ่มตาม เกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียม (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ (< 13.5)	ปานกลาง (13.6 - 16.5)	สูง (16.6 - 18.5)
สถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554)	ที่ดินดอน (n=19)	95	5	0
	ที่ลุ่ม (n=28)	93	7	0
สายใจ (สายใจ, 2554)	ที่ดินดอน (n=19)	68	32	0
	ที่ลุ่ม (n=28)	50	43	7
สถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma <i>et al</i> , 2000)	ที่ดินดอน (n=19)	68	32	0
	ที่ลุ่ม (n=28)	46	54	0

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้นของ K ในใบ (ก./กก.) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

ตารางที่ 5.7 ระดับโพแทสเซียมในใบยางพารา หลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดินดอนและในที่ลุ่มตาม เกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียม (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ (< 13.5)	ปานกลาง (13.6 - 16.5)	สูง (16.6 - 18.5)
สถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554)	ที่ดินดอน (n=25)	68	24	8
	ที่ลุ่ม (n=18)	67	33	0
สถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma <i>et al</i> , 2000)	ที่ดินดอน (n=25)	20	56	24
	ที่ลุ่ม (n=18)	6	83	11

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้นของ K ในใบ (ก./กก.) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดินดอนและในที่ลุ่ม เซรัมน้ำยางพารา ก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดินดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 30.44 - 43.97 และ 31.44 - 40.25 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ในขณะที่เซรัมน้ำยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมสูงกว่าในระยะก่อนเปิดกรีด โดยมีโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 54.57 - 64.43 และ 49.91 - 67.91 มิลลิโมลาร์ ในที่ดินดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ (ตารางที่ 5.8) ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราพบว่า ยางพาราที่ปลูกในที่ดินดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา



ไม่แตกต่างกันทั้งในยางก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 5.8) โดยค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารายางก่อนเปิดกรีดมีค่า 38.12 และ 35.76 มิลลิโมลาร์ ในที่ดอนและในที่ลุ่มตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราเท่ากับ 56.85 และ 59.36 มิลลิโมลาร์ ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ

ตารางที่ 5.8 โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา ก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

ระยะ	โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา (มิลลิโมลาร์)		
	ค่า	ที่ดอน (n = 19)	ที่ลุ่ม (n = 28)
ก่อนเปิดกรีด	ต่ำสุด - สูงสุด	21.38 - 62.89	23.41 - 51.64
	ช่วง	30.44 - 43.97	31.44 - 40.25
	<b>ค่าเฉลี่ย<sup>NS</sup></b>	<b>38.12</b>	<b>35.76</b>
หลังเปิดกรีด	ต่ำสุด - สูงสุด	38.56 - 74.80	29.49 - 87.99
	ช่วง	54.57 - 64.43	49.91 - 67.91
	<b>ค่าเฉลี่ย<sup>NS</sup></b>	<b>56.85</b>	<b>59.36</b>

หมายเหตุ : ช่วงได้จากการประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

NS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

### ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

เมื่อนำข้อมูลผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมาหาความสัมพันธ์กันพบว่า ให้ผลการศึกษาดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน รูปของโพแทสเซียมในดินมีความสัมพันธ์กัน โดยพบความสัมพันธ์ระหว่าง Water-K กับ Exch-K ทั้งดินในที่ดอน ( $r = 0.70$ ) และในที่ลุ่ม ( $r = 0.71$ ) พบความสัมพันธ์ระหว่าง Water-K กับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ของดินในที่ดอน ( $r = 0.84$ ) และดินในที่ลุ่ม ( $r = 0.85$ ) โดยเฉพาะ Exch-K กับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  มีความสัมพันธ์กันสูงทั้งดินในที่ดอน ( $r = 0.98$ ) และดินในที่ลุ่ม ( $r = 0.97$ ) (ตารางที่ 5.9) โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Exch-K กับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ของดินในที่ดอนเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบแพทโคอเพิเซียนพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง Exch-K กับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K เท่ากับ 0.12 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  (0.98) (ตารางที่ 5.10) ในขณะที่ดินในที่ลุ่มซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  กับ Exch-K เท่ากับ 0.97 เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K เท่ากับ 0.75 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ Water-K (0.23) (ตารางที่ 5.10)

ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูป Water-K, Exch-K และ NH<sub>4</sub>OAc-K กับ Fixed-K (ตารางที่ 5.9) อย่างไรก็ตาม Fixed-K และ HNO<sub>3</sub>-K มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า r ระหว่าง Fixed-K กับ HNO<sub>3</sub>-K ของดินในที่ดินดอนเท่ากับ 0.65 และดินในที่ดินลุ่มเท่ากับ 0.81 โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ HNO<sub>3</sub>-K ของดินในที่ดินดอนเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบแพทโคเอฟพีเซียนพบว่า เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Fixed-K เท่ากับ 0.51 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมโพแทสเซียมรูปอื่นๆ ต่ำ (ตารางที่ 5.11) ดินในที่ดินลุ่มมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ HNO<sub>3</sub>-K เท่ากับ 0.81 เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Fixed-K เท่ากับ 0.69 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ Exch-K (0.34) (ตารางที่ 5.11) เมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรงพบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (correlation of determination; r<sup>2</sup>) ระหว่าง HNO<sub>3</sub>-K กับ Fixed-K ของดินในที่ดินดอนเท่ากับ 0.51 และดินในที่ดินลุ่มเท่ากับ 0.70 (รูปที่ 5.5)

ตารางที่ 5.9 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดินดอนและในที่ดินลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา

รูปของโพแทสเซียม	Water-K	Exch-K	NH <sub>4</sub> OAc-K	Fixed-K	HNO <sub>3</sub> -K
<b>ที่ดินดอน</b>					
Exch-K	0.70**				
NH <sub>4</sub> OAc-K	0.84**	0.98**			
Fixed-K	0.18	0.17	0.19		
HNO <sub>3</sub> -K	0.74**	0.84**	0.87**	0.65**	
Total-K	0.08	0.33**	0.27*	0.14	0.28**
<b>ที่ดินลุ่ม</b>					
Exch-K	0.71**				
NH <sub>4</sub> OAc-K	0.85**	0.97**			
Fixed-K	0.25*	0.30*	0.31*		
HNO <sub>3</sub> -K	0.52**	0.60**	0.61**	0.81**	
Total-K	-0.12	0.09	0.03	0.03	0.04

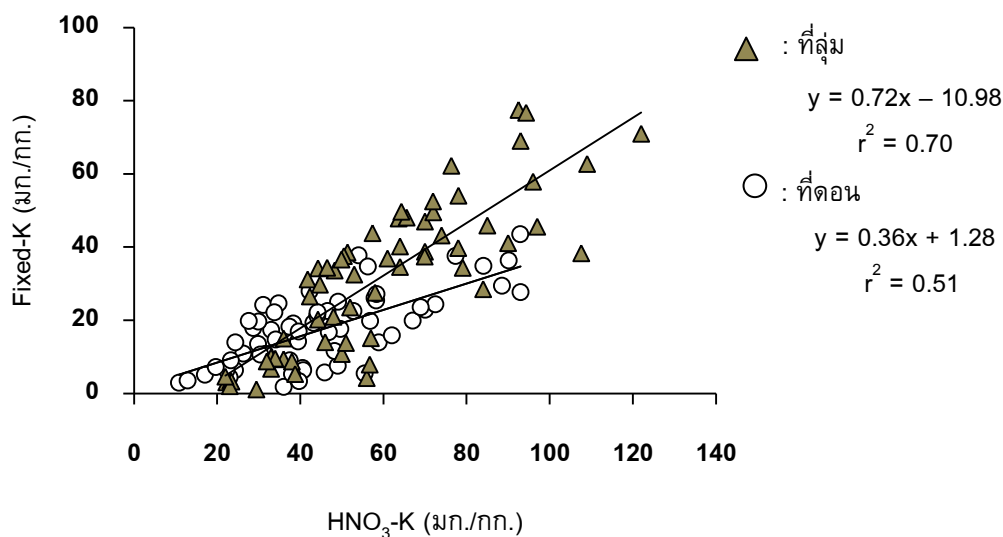
หมายเหตุ : \*, \*\* = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % และ 99 % ตามลำดับ

ตารางที่ 5.10 แพทโคเอฟฟิเซียนท์ระหว่าง  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน

รูปของ โพแทสเซียม	r	อิทธิพล ทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม				
			Water-K	Exch-K	Fixed-K	$\text{HNO}_3\text{-K}$	Total-K
<b>ที่ดอน</b>							
Water-K	0.84	-0.01	-	0.09	-0.10	0.86	0.00
Exch-K	0.98	0.12	-0.01	-	-0.10	0.98	0.00
Fixed-K	0.19	-0.58	0.00	0.02	-	0.75	0.00
$\text{HNO}_3\text{-K}$	0.87	1.16	-0.01	0.10	-0.38	-	0.00
Total-K	0.27	-0.01	0.00	0.04	-0.08	0.32	-
<b>ที่ลุ่ม</b>							
Water-K	0.85	0.33	-	0.53	0.01	-0.02	0.00
Exch-K	0.97	0.75	0.23	-	0.01	-0.02	0.00
Fixed-K	0.31	0.03	0.08	0.22	-	-0.02	0.00
$\text{HNO}_3\text{-K}$	0.61	-0.04	0.17	0.45	0.03	-	0.00
Total-K	0.03	0.00	-0.04	0.07	0.00	0.00	-

ตารางที่ 5.11 แพทโคเอฟฟิเซียนท์ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน

รูปของ โพแทสเซียม	r	อิทธิพล ทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม				
			$\text{NH}_4\text{OAc-K}$	Water-K	Exch-K	Fixed-K	Total-K
<b>ที่ดอน</b>							
$\text{NH}_4\text{OAc-K}$	0.87	0.23	-	0.14	0.40	0.10	0.00
Water-K	0.74	0.16	0.20	-	0.28	0.10	0.00
Exch-K	0.84	0.40	0.23	0.12	-	0.09	0.00
Fixed-K	0.65	0.51	0.04	0.03	0.07	-	0.00
Total-K	0.28	0.00	0.06	0.01	0.14	0.07	-
<b>ที่ลุ่ม</b>							
$\text{NH}_4\text{OAc-K}$	0.61	-1.12	-	0.43	1.08	0.21	0.00
Water-K	0.52	0.51	-0.95	-	0.79	0.17	0.00
Exch-K	0.60	1.12	-1.09	0.36	-	0.21	0.00
Fixed-K	0.81	0.69	-0.35	0.13	0.34	-	0.00
Total-K	0.04	0.01	-0.03	-0.06	0.10	0.02	-



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  ในดินที่ดอน (○) และในที่ลุ่ม (△) ที่ใช้ปลูกยางพารา

ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติดิน โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับสมบัติเคมีบางประการ (ตารางที่ 5.12) โดย Water-K มีความสัมพันธ์กับพีเอช ( $r = -0.25$ ) ค่าการนำไฟฟ้า ( $r = 0.27$ ) และอินทรีย์วัตถุ ( $r = 0.55$ ) ส่วน Exch-K มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า ( $r = 0.25$ ) แมกนีเซียม ( $r = 0.19$ ) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ( $r = 0.19$ ) และอินทรีย์วัตถุ ( $r = 0.40$ )  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า ( $r = 0.28$ ) และอินทรีย์วัตถุ ( $r = 0.48$ ) Fixed-K มีความสัมพันธ์กับพีเอช ( $r = 0.19$ ) ค่าการนำไฟฟ้า ( $r = 0.50$ ) แคลเซียม ( $r = 0.20$ ) และแมกนีเซียม ( $r = 0.37$ )  $\text{HNO}_3\text{-K}$  มีความสัมพันธ์กับพีเอช ( $r = -0.24$ ) ค่าการนำไฟฟ้า ( $r = 0.53$ ) แมกนีเซียม ( $r = 0.36$ ) และอินทรีย์วัตถุ ( $r = 0.23$ ) ส่วน Total-K พบว่า มีความสัมพันธ์กับแคลเซียม ( $r = 0.36$ ) แมกนีเซียม ( $r = 0.31$ ) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ( $r = 0.37$ ) และอนุภาคดินเหนียว ( $r = 0.19$ )

ตารางที่ 5.12 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ กับสมบัติทางเคมีบางประการ

รูปของโพแทสเซียม	pH	EC	Extr. Ca	Extr. Mg	CEC	OM	Clay
Water-K	-0.25**	0.27**	-0.04	0.04	-0.01	0.55**	0.13
Exch-K	-0.15	0.25**	0.07	0.19*	0.19*	0.40**	0.15
$\text{NH}_4\text{OAc-K}$	-0.19	0.28**	0.04	0.15	0.14	0.48**	0.16
Fixed-K	-0.19*	0.50**	0.20*	0.37**	-0.06	0.02	-0.06
$\text{HNO}_3\text{-K}$	-0.24**	0.53**	0.17	0.36**	0.01	0.23**	0.02
Total-K	0.13	0.07	0.36**	0.31**	0.37**	-0.13	0.19*

หมายเหตุ : \*, \*\* = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % และ 99 % ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินทั้งสองความลึก (0 - 30 และ 30 - 60 เซนติเมตร) ส่วนใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา (ตารางที่ 5.13) ยกเว้น Fixed-K ที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตรมีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ ( $r = 0.33$ ) และ Fixed-K ที่ความลึก 30 - 60 เซนติเมตรมีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ ( $r = 0.31$ ) และโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา ( $r = 0.33$ )

ตารางที่ 5.13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่างๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา (n=64)

รูปของโพแทสเซียม	ความลึก (ซม.)	โพแทสเซียม	
		ในใบยางพารา	ในเซรัมน้ำยางพารา
Water-K	0-30	0.05	0.03
	30-60	-0.01	0.08
Exch-K	0-30	0.09	-0.22
	30-60	0.21	-0.24
NH <sub>4</sub> OAc-K	0-30	0.13	-0.18
	30-60	0.19	-0.23
Fixed-K	0-30	0.33*	0.04
	30-60	0.31*	0.33**
HNO <sub>3</sub> -K	0-30	0.21	-0.11
	30-60	0.24	0.20
Total-K	0-30	0.15	-0.20
	30-60	-0.16	0.19

หมายเหตุ : \*, \*\* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % และ 99 % ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา โพแทสเซียมในใบยางพาราและในเซรัมน้ำยางพารามีความสัมพันธ์กัน ซึ่งพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดยยางพาราก่อนเปิดกรีดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบกับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราเท่ากับ 0.40 ในขณะที่ยางหลังเปิดกรีดมีค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเท่ากับ 0.36 (ตารางที่ 5.14)

**ตารางที่ 5.14** สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเซรุ่มน้ำยางพารา

โพแทสเซียมในใบยางพารา	โพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพารา
ยางพาราก่อนเปิดกรีด	0.40*
ยางพาราหลังเปิดกรีด	0.36*

หมายเหตุ : \* = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 %

### สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียม ( $BC_K$ ) ในดินปลูกยางพารา

จากการนำดินทั้ง 3 กลุ่มเนื้อดิน คือ กลุ่มเนื้อดินละเอียด กลุ่มเนื้อดินปานกลาง และกลุ่มเนื้อดินหยาบ อย่างละ 3 ชุดดิน วิเคราะห์โพแทสเซียมรูปแบบต่าง ๆ และ  $BC_K$  ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 5.15)

ดินทั้ง 3 กลุ่มส่วนใหญ่เป็นกรด มีพีเอชอยู่ในช่วง 5.51 - 6.13 ยกเว้น ชุดดินอ่าวลึกที่มีค่า 7.43 ค่าเฉลี่ยพีเอชแต่ละกลุ่มเนื้อดินมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่า 6.43, 5.80 และ 5.77 ในกลุ่มดินเนื้อละเอียด เนื้อปานกลาง และเนื้อหยาบ ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าของดินทั้งสามกลุ่มอยู่ในช่วง 14.35 - 25.23 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร โดยดินกลุ่มเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่ากลุ่มเนื้อดินอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 23.31 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร กลุ่มเนื้อดินหยาบมีค่า 21.15 และกลุ่มดินเนื้อปานกลางมีค่า 18.19 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร ส่วนอินทรีย์วัตถุในดินพบว่า ดินทั้งสามกลุ่มมีอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ โดยอยู่ในช่วง 5.73 - 18.95 กรัม/กิโลกรัม ในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยอินทรีย์วัตถุสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 13.13 กรัม/กิโลกรัม กลุ่มเนื้อดินปานกลางมีค่า 9.02 และกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่า 8.99 กรัม/กิโลกรัม ดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีเนื้อดินจากค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวเป็นดินร่วนปนเหนียว ส่วนกลุ่มเนื้อปานกลางเป็นดินร่วนปนเหนียวปนทราย และกลุ่มดินเนื้อหยาบเป็นดินร่วนปนทราย ค่าเฉลี่ยของอนุภาคดินเหนียว พบว่า กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีอนุภาคดินเหนียวสูงสุด โดยมีร้อยละ 46 ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางมีร้อยละ 22 และกลุ่มดินเนื้อหยาบมีร้อยละ 8 ส่วนอนุภาคทรายจะกลับกัน กล่าวคือ ดินกลุ่มเนื้อหยาบมีอนุภาคทรายสูงสุด รองลงมาเป็น กลุ่มเนื้อปานกลาง และกลุ่มเนื้อละเอียด ตามลำดับ ดังนั้น จึงส่งผลให้ดินเนื้อละเอียดมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 9.26 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเท่ากับ 3.31 และ 1.81 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ตามลำดับ

ดินทั้ง 3 กลุ่มมีไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ มีค่าค่อนข้างกว้าง โดยในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีไนโตรเจนทั้งหมด (0.65 กรัม/กิโลกรัม) แคลเซียมที่สกัดได้ (199.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (60.63 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มดินเนื้อปานกลาง และกลุ่มดินเนื้อหยาบ ตามลำดับ ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์กลับพบว่า กลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสที่เป็น

ประโยชน์สูงสุด (10.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) รองลงมาเป็นกลุ่มดินเนื้อละเอียด (8.63 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และกลุ่มดินเนื้อปานกลาง (8.12 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ

**โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน** ที่ได้จากการสกัดโดยวิธีต่าง ๆ พบว่า ดินมีโพแทสเซียมแต่ละรูปดังนี้ (ตารางที่ 5.15)

**Water-K** ดินทั้ง 3 กลุ่มมี Water-K ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 4.80 - 71.54 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 28.44 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเท่ากับ 6.98 และ 11.72 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

**Exch-K** ดินทั้ง 3 กลุ่มมี Exch-K ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 4.02 - 163.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62.96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเท่ากับ 6.50 และ 17.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

**NH<sub>4</sub>OAc-K** ดินทั้ง 3 กลุ่มมี NH<sub>4</sub>OAc-K ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 8.83 - 234.80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 91.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเท่ากับ 13.48 และ 29.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

**Fixed-K** ดินทั้ง 3 กลุ่มมี Fixed-K ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 10.17 - 53.77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 36.94 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเท่ากับ 15.53 และ 11.84 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

**HNO<sub>3</sub>-K** ดินทั้ง 3 กลุ่มมี HNO<sub>3</sub>-K ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 19.00 - 288.57 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 128.34 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเท่ากับ 29.01 และ 41.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

**Total-K** ดินทั้ง 3 กลุ่มมี Total-K ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 467 - 74,390 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 35,992 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบมี 2,641 และ 612 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 5.15 สมบัติทางเคมีและร้อยละอนุภาคดินของกลุ่มดินเนื้อละเอียด ปานกลาง และ  
หยาบที่ความลึก 0-30 ซม.

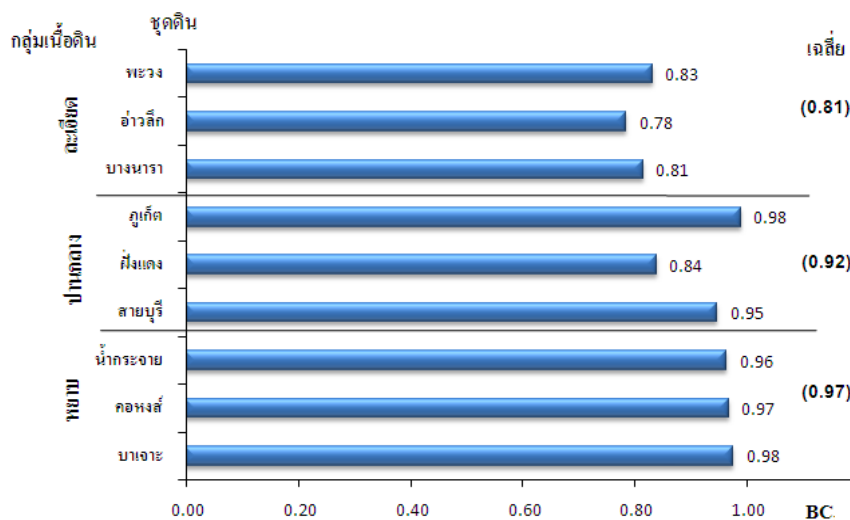
พารามิเตอร์	กลุ่มเนื้อดิน / ชุดดิน											
	เนื้อละเอียด				เนื้อปานกลาง				เนื้อหยาบ			
	บางนารา	อ่าวลึก	พะวง	เจ็ลย	ภูเก็ท	ฝ้งแดง	สายบุรี	เจ็ลย	บาเจาะ	คองหงส์	น้ำกระจ่าย	เจ็ลย
pH (ดิน:น้ำ =1:5)	6.13	7.43	5.73	6.43	5.68	5.82	5.90	5.80	5.83	5.51	5.96	5.77
EC (1:5) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	23.15	25.23	21.55	23.31	14.35	16.35	23.88	18.19	15.53	25.14	22.77	21.15
OM (น./กน.)	10.56	18.95	9.88	13.13	7.33	8.39	11.35	9.02	5.73	11.19	10.04	8.99
Total N (น./กน.)	0.72	0.61	0.63	0.65	0.41	0.44	0.51	0.45	0.21	0.36	0.56	0.38
Avai. P (มก./กน.)	8.53	5.94	11.43	8.63	8.84	2.70	12.83	8.12	1.80	22.56	6.93	10.43
Water-K (มก./กน.)	4.90	71.54	8.88	28.44	8.92	5.21	6.80	6.98	4.80	17.68	12.67	11.72
Exch.-K (มก./กน.)	9.71	163.26	15.90	62.96	8.97	4.02	6.52	6.50	4.03	41.49	6.84	17.45
NH <sub>4</sub> OAc-K (มก./กน.)	14.61	234.80	24.78	91.40	17.89	9.23	13.32	13.48	8.83	59.17	19.51	29.17
Fixed-K (มก./กน.)	25.29	53.77	31.77	36.94	12.07	10.75	23.77	15.53	10.17	12.64	12.70	11.84
HNO <sub>3</sub> -K (มก./กน.)	39.90	288.57	56.55	128.34	29.96	19.98	37.09	29.01	19.00	71.81	32.21	41.01
Total-K (มก./กน.)	11,589	74,390	21,998	35,992	3,762	2,844	1,316	2,641	467	509	859	612
Extr. Ca (มก./กน.)	63.35	458.67	75.80	199.27	15.95	15.07	18.23	16.42	14.10	22.59	22.43	19.71
Extr. Mg (มก./กน.)	12.14	150.10	19.65	60.63	9.52	4.03	6.23	6.59	4.29	3.75	9.25	5.76
Extr. Na (มก./กน.)	7.23	7.68	8.61	7.84	10.86	6.72	5.13	7.57	4.52	13.51	11.75	9.93
CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	4.50	18.17	5.10	9.26	3.80	3.25	2.89	3.31	1.13	2.09	2.20	1.81
Sand (%)	40	12	14	22	68	73	34	58	94	72	68	78
Silt (%)	28	33	36	32	4	5	49	20	4	18	20	14
Clay (%)	32	55	50	46	28	22	17	22	2	10	12	8
Texture	CL	C	C	CL	SCL	SCL	L	SCL	S	SL	SL	SL

หมายเหตุ : CL = Clay Loam, C = Clay, SCL = Sandy Clay Loam, L = Loam, S = Sand, SL = Sandy Loam

สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียมในดิน ( $BC_K$ ) ซึ่งได้จากความชันของกราฟเส้นตรงระหว่างโพแทสเซียมที่สกัดได้กับโพแทสเซียมที่เติมลงไปไนดิน โดยหาค่า  $BC_K$  ไกล่เคียง 1 แสดงว่า ดินมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมต่ำ นั่นคือ โพแทสเซียมที่สกัดได้มีปริมาณใกล้เคียงกับโพแทสเซียมที่เติมลงไปไนดิน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเฉลี่ย  $BC_K$  สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อละเอียด โดยมีค่าเฉลี่ย  $BC_K$  เท่ากับ 0.97, 0.92 และ 0.81 ตามลำดับ (รูปที่ 5.6)

เมื่อนำค่า  $BC_K$  ในชุดดินต่าง ๆ มาหาความสัมพันธ์กับสมบัติทางเคมีและอนุภาคทรายทรายแป้ง และดินเหนียวพบว่า พบความสัมพันธ์สูงระหว่าง  $BC_K$  กับไนโตรเจนทั้งหมดไนดิน ( $r = -0.70$ ) กับอนุภาคทราย ( $r = 0.69$ ) และกับอนุภาคดินเหนียว ( $r = -0.79$ ) (ตารางที่ 5.16) และเมื่อนำโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ไนดินทั้งสามกลุ่มก่อนทำการทดลองมาหาความสัมพันธ์กับค่า  $BC_K$  พบว่า พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $BC_K$  กับ Fixed-K ( $r = -0.73$ ) และ Total-K ( $r = -0.70$ ) (ตารางที่ 5.17)





รูปที่ 5.6 สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียม ( $BC_K$ ) ในดินปลูกยางพาราเนื้อดินต่างๆ

ตารางที่ 5.16 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง  $BC_K$  กับสมบัติทางเคมีและอนุภาคดิน (n=9)

	สมบัติดิน											
	pH	EC	OM	N	P	Ca	Mg	Na	CEC	Sand	Silt	Clay
$BC_K$	-0.61	-0.32	-0.57	-0.70*	0.25	-0.63	-0.58	0.30	-0.67	0.69*	-0.26	-0.79*

หมายเหตุ : \* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 %

ตารางที่ 5.17 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่า  $BC_K$  กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน (n=9)

	โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน					
	Water-K	Exch-K	$NH_4OAc-K$	Fixed-K	$HNO_3-K$	Total-K
$BC_K$	-0.46	-0.50	-0.49	-0.73*	-0.54	-0.70*

หมายเหตุ : \* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 %

## วิจารณ์ผลการศึกษา

### สถานะโพแทสเซียมในดิน ไบ และเซรัมน์้ำยางพารา

สมบัติทั่วไปของดินในที่ดินดอนและในที่ลุ่ม ดินในที่ดินดอนมีอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่าดินในที่ลุ่ม ส่งผลให้ดินในที่ดินดอนมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าการนำไฟฟ้า แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ต่ำกว่าดินในที่ลุ่ม (ตารางที่ 5.1) ดินในที่ดินดอนมีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าในที่ลุ่มเล็กน้อย รวมถึงดินในที่ดินดอนมีอนุภาคดินเหนียวต่ำ ดังนั้น จึงส่งผลให้ดินในที่ดินดอนดูดซับแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมได้ต่ำกว่าดินในที่ลุ่มซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวและ

อินทรีย์วัตถุสูงกว่า แต่ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ โดยแอมโมเนียมอะซิเตตมีค่าใกล้เคียงกัน อาจเกิดจากดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มที่ใช้ศึกษาในอดีตเคยใช้ปลูกข้าวและสูตรปุ๋ยที่ใช้กับข้าวไม่มีโพแทสเซียม เช่น 16-20-0 หรือ 20-20-0 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดินจึงเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่ข้าวเพียงแหล่งเดียว ส่งผลให้ดินค่อย ๆ มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง ต่างจากดินในที่ดอนที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมจากปุ๋ย จึงส่งผลให้ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน แม้ว่าดินในที่ลุ่มมีเนื้อละเอียดกว่าและควรดูดซับโพแทสเซียมได้มากกว่าดินในที่ดอน ต่างจากที่มีรายงาน ว่า ดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al.*, 2005) และดินที่ลุ่มเนื้อละเอียดที่ใช้ปลูกยางพาราในจังหวัดพัทลุงที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินในที่ดอน (ระวี และอิบรอเฮม, 2553)

ปัจจุบันมีการแนะนำปุ๋ยสูตร 20-8-20 (อัตราที่ใช้ขึ้นอยู่กับเนื้อดินและอายุยาง) สำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีดในภาคใต้ และสูตร 29-5-18 (อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น/ปี) แก่ยางพาราหลังเปิดกรีด (นุชนารถ, 2554) แต่ยังคงพบว่า ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ศึกษามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ (< 11 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (นุชนารถ, 2554) แสดงว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใส่ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการสะสมเหมือนที่พบในดินปลูกไม้ผล เช่น ในทุเรียน (สุมิตรา, 2544) และลองกอง (จำป๋เป็น และคณะ, 2549) ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มเป็นดินกรด (ตารางที่ 5.1) ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตกตะกอนกับเหล็กและอะลูมิเนียมเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ยาก (Brady and Weil, 2008) ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับดินกรดเขตร้อนในประเทศไทย (นวลศรี และคณะ, 2543) ดินปลูกมังคุดในภาคใต้ (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) ชุดดินท่าศาลาที่ใช้ปลูกยางพารา (ปราโมทย์ และคณะ, 2554) และดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในอำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) ที่พบว่า ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ

โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบนในที่ดอนและในที่ลุ่มมีความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า 35 และ 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 5.2 A) ซึ่งจัดว่าต่ำเมื่อเทียบกับระดับที่เหมาะสมของยางพารา (40 - 60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (นุชนารถ, 2554) สอดคล้องกับผลการศึกษาในชุดดินคองหงส์ซึ่งพบทั่วไปในภาคใต้ (ชัยรัตน์ และวิเชียร, 2539) ดินปลูกมังคุดในภาคใต้ (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) ดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช (สายใจ, 2554) ดินในภาคใต้ของประเทศไทย (นวลศรี และคณะ, 2543) และดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในอำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) ที่พบว่า ดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ ในดินเขตร้อน เช่น ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในอันดับอัลทิสซอลส์ ดินในอันดับนี้เป็นดินที่มีการพัฒนาการสูงและเกิดกระบวนการชะ

ละลายได้ดี จึงส่งผลให้โพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากพื้นที่ได้ง่าย ส่งผลให้ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (นวลศรี และคณะ, 2543)

ดินบนของดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 5.2A) แต่เมื่อนำโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มาเทียบกับโพแทสเซียมทั้งหมดในดินพบว่า ดินบนของดินในที่ดอนมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ร้อยละ 1.88 ดินในที่ลุ่มมีร้อยละ 0.47 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ทั้งนี้เนื่องจากดินในที่ลุ่มมี Total-K สูงกว่าดินในที่ดอนมาก (รูปที่ 5.4) เมื่อโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาชดเชย (ดารากร และคณะ, 2553; Benipal and Pasricha, 2002; Brady and Weil, 2008; Hosseinifard *et al.*, 2010; Darunsontaya *et al.*, 2012) ดินที่มี Fixed-K สูง เช่น ดินที่มีสเมกไทต์ (Nilawong *et al.*, 2008) หรืออิลไลต์สูง (Darunsontaya *et al.*, 2012) สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดีกว่าดินที่มีเคโอลิไนต์ นอกจากนี้ Fixed-K ที่สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมได้แล้ว ยังมีรายงานว่า โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ก็สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมให้ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้เช่นกัน (Brady and Weil, 2008) โดยมีรายงานว่า การบดหินในสซึ่งมีแร่ไมกาเป็นองค์ประกอบให้มีขนาด 1 - 2 มิลลิเมตร พบว่า ใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้ (Wang *et al.*, 2000)

ดินในที่ลุ่มมี Fixed-K และ Total-K สูงกว่าดินในที่ดอนมาก (ตารางที่ 5.2) เนื่องจากดินในที่ลุ่มมีอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าดินในที่ดอน (ตารางที่ 5.1) สอดคล้องกับที่มีรายงานค่า  $r$  ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับปริมาณอนุภาคดินเหนียว ( $r = 0.69$ ) (Bedrossian and Singh, 2004) ในอนุภาคดินเหนียวประกอบด้วยส่วนที่เป็นแร่ดินเหนียวและส่วนที่เป็นแร่ปฐมภูมิที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น เฟลด์สปาร์และไมกา (อัญชลี, 2553) ดินในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีแร่ดินเหนียวผสมซึ่งมีอิลไลต์อยู่ด้วยจึงมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในระหว่างผลึก (inter layer) สูงกว่าดินในที่ดอนซึ่งส่วนใหญ่มีแร่ เคโอลิไนต์ เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า ปริมาณ Fixed-K และ Total-K ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของแร่ที่มีอยู่ในดิน (ดารากร และคณะ, 2553) มีรายงานว่า ดินที่ลุ่มในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของประเทศไทยยังพบอิลไลต์หรือแร่เฟลด์สปาร์ในอนุภาคดินเหนียว (Prakongkep, 2008) ดังนั้น ดินในที่ลุ่มซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวสูงจึงมี Total-K สูงกว่าดินในที่ดอนมาก สอดคล้องกับข้อสรุปที่ว่า ดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าในดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al.*, 2005)

**โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม** ดินบนของดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 5.2) เมื่อประเมินสถานะโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินในที่ดอนและในที่ลุ่มโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554) พบว่า ดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (ตารางที่ 5.3 และ 5.4) คือ น้อยกว่า

40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สอดคล้องกับเมื่อเปรียบเทียบกับโดยใช้เกณฑ์ของสายใจ (สายใจ, 2554) และเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma *et al*, 2000) เนื่องจากดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มในอดีตใช้ปลูกข้าวและปุ๋ยที่ใส่ไม่มีโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ เช่น 16-20-0 หรือ 20-20-0 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดังนั้น จึงส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินค่อย ๆ ลดลงจนอยู่ในระดับที่ต่ำ แม้ว่าดินเนื้อละเอียดควรมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al.*, 2005) ต่างจากดินที่ดอนที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมจากปุ๋ยอยู่เสมอ จึงส่งผลให้ดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ใกล้เคียงกับดินในที่ลุ่ม (ตารางที่ 5.2)

ร้อยละของแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ลุ่มที่มี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ต่ำมีจำนวนสูงกว่าในที่ดอน แต่ในยางพาราหลังเปิดกรีดกลับพบว่า ในที่ดอนและในที่ลุ่มมีแปลงปลูกยางพาราที่มีโพแทสเซียมต่ำใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5.3 และ 5.4) ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อแปลงปลูกยางพาราในที่ลุ่มมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อแปลงหลาย ๆ ปี จึงค่อย ๆ เพิ่มระดับโพแทสเซียมในดิน จนกระทั่งมีระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับแปลงปลูกยางพาราในที่ดอนที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมอยู่เสมอ นอกจากนี้ มีรายงานว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนมีการใช้ปุ๋ยสูตร 20-8-20 ซึ่งเป็นสูตรแนะนำโดยสถาบันวิจัยยางมากกว่ายางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ลุ่มซึ่งมีทั้งใช้ปุ๋ยสูตรดังกล่าวและใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยสูตร 15-7-18 ทั้งยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม (หทัยกานต์ และคณะ, 2556) ทั้งที่สูตรแนะนำโดยสถาบันวิจัยยาง คือ 29-5-18 ดังนั้น ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มจึงได้รับโพแทสเซียมจากปุ๋ยในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ยังคงพบว่าแปลงปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ

เมื่อเปรียบเทียบค่าโพแทสเซียมในช่วงปานกลางพบว่า เกณฑ์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของสถาบันวิจัยยางอินเดียมีค่าค่อนข้างสูง (50 - 125 มก./กก.) เมื่อเทียบกับเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง (40 - 60 มก./กก.) และของสายใจ (40 - 80 มก./กก.) จึงทำให้แปลงที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมีปริมาณมากกว่าเมื่อใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (ตารางที่ 5.3)

แม้ยางพาราต้องการโพแทสเซียมสูงและระดับที่เหมาะสมของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินตามเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอยู่ในช่วง 40 - 60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (นุชนารถ, 2554) แต่ก็อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับโพแทสเซียมที่เหมาะสมในดินปลูกพืชอื่น ๆ เช่น ส้มโอ (100 - 150 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (สมศักดิ์, 2551) ปาล์มน้ำมัน (97.73 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ชัยรัตน์ และคณะ, 2553) และดินทั่วไป (60-90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (เอิบ, 2544)

**โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม** ยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมในใบไม่แตกต่างกันทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด แต่มีแนวโน้มว่าโพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มมีค่าสูงกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอนเล็กน้อย (ตารางที่ 5.5) นอกจากนี้ โพแทสเซียมในใบยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่าสูงกว่าในใบ

ยางพารา ก่อนเปิดกรีด ทั้งนี้เพราะยางพาราหลังเปิดกรีดต้องการโพแทสเซียมสูง (เวท และ โสภา, 2528) ดังนั้น สูตรปุ๋ยในยางพาราหลังเปิดกรีด (29-5-18) ซึ่งใช้ในอัตรา 1,000 กรัม/ตัน/ปี (คิดเป็น K = 216 กรัม/ตัน/ปี) ดินจึงได้รับโพแทสเซียมสูงกว่าในยางพารา ก่อนเปิดกรีด (อายุ 6 ปี) ซึ่งใช้สูตร 20-8-20 ที่ปลูกในดินร่วนทราย (K = 89 กรัม/ตัน/ปี) และดินร่วนเหนียว (K = 65 กรัม/ตัน/ปี) (นุชนารถ, 2554) แม้ว่า ดินร่วนเหนียวซึ่งมีเนื้อดินละเอียดกว่าดินร่วนทรายจะได้รับโพแทสเซียมจากปุ๋ยต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ดินที่มีเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรอง (Fixed-K) สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (ตารางที่ 5.2 และ 5.15) ดินเนื้อละเอียดจึงมีความสามารถในการเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชในระยะยาวได้ดี จึงส่งผลให้แม้ดินปลูกยางพาราในดินร่วนเหนียวใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมต่ำกว่าดินร่วนทราย แต่โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในดินที่ลุ่มซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียดมีแนวโน้มโพแทสเซียมในใบสูงกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอนซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบ

ความสามารถในการดูดธาตุอาหารในดินของพืช สามารถทราบได้จากการวิเคราะห์พืช เพราะหากดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น พืชก็จะดูดใช้โพแทสเซียมได้มากขึ้น ส่งผลให้โพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบในยางพารา ก่อนเปิดกรีด (Yogarathnam and Mel, 1985) ยางพาราหลังเปิดกรีด (Yogarathnam and Weerasuriya, 1984) มันสำปะหลัง (อรชุนมา และธนุชัย, 2554) กาแฟอราบิก้า (ชวลิต และนริศ, 2548) และปาล์มน้ำมัน (ชัยรัตน์ และคณะ, 2544) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า หากโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่า 62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาจเกิดสภาวะปฏิบัติทำให้ยางพาราดูดแมกนีเซียมได้ลดลง ส่งผลให้ความยาวเส้นรอบวงลำต้นของยางพารา ก่อนเปิดกรีดลดลง (สายใจ, 2554)

แปลงในที่ลุ่มมีร้อยละโพแทสเซียมในใบต่ำกว่าน้อยกว่าแปลงในที่ดอน (ตารางที่ 5.6 และ 5.7) ทั้ง ๆ ที่ดินในที่ลุ่มมีแปลงที่มีโพแทสเซียมต่ำมากกว่าดินในที่ดอน (ตารางที่ 5.3 และ 5.4) และดินในที่ดอนและที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่า ๆ กัน (รูปที่ 5.2) อาจเนื่องจากดินในที่ลุ่มมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาจาก Fixed-K ซึ่งมีมากกว่าในดินที่ดอน ดังนั้น เมื่อประเมินสถานะโพแทสเซียมในใบยางพารา ก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554) พบว่า ยางพารา ก่อนเปิดกรีดในที่ดอน ร้อยละ 95 และในที่ลุ่มร้อยละ 93 มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (ตารางที่ 5.6) คือ ต่ำกว่า 13.5 กรัม/กิโลกรัม สอดคล้องกับเมื่อนำโพแทสเซียมในใบมาประเมินโดยใช้เกณฑ์ของสายใจ (สายใจ, 2554) ที่พบว่า ยางพารา ก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (ตารางที่ 5.6) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า ยางพารา ก่อนเปิดกรีดในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช (สายใจ, 2554) และยางพารา ก่อนเปิดกรีดในอำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) มีโพแทสเซียมในใบต่ำ แต่หากประเมินโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma *et al*, 2000) พบว่า ยางพารา ก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (< 10.0 กรัม/กิโลกรัม) แต่ยางพาราที่ปลูก

ในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบปานกลาง (10.0 - 15.0 กรัม/กิโลกรัม) ทั้งนี้เนื่องจากค่าในช่วงระดับต่ำของเกณฑ์สถาบันวิจัยยางอินเดีย (< 10.0 กรัม/กิโลกรัม) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง (< 13.5 กรัม/กิโลกรัม) แต่เท่ากับเกณฑ์ของสายใจ (< 10.0 กรัม/กิโลกรัม) ดังนั้น ร้อยละของแปลงที่มีโพแทสเซียมในใบต่ำเมื่อเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางจึงมีมากกว่าเมื่อใช้เกณฑ์ของสายใจและเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย ในขณะที่ค่าในช่วงระดับปานกลางของเกณฑ์สถาบันวิจัยยาง (13.6 - 16.5 กรัม/กิโลกรัม) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของสายใจ (10.0 - 14.0 กรัม/กิโลกรัม) และเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (10.0 - 15.0 กรัม/กิโลกรัม) ดังนั้น จึงพบร้อยละแปลงที่มีโพแทสเซียมในใบระดับปานกลางมากเมื่อเทียบโดยใช้เกณฑ์สถาบันวิจัยยางอินเดีย โดยเฉพาะในยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ลุ่มซึ่งมีโพแทสเซียมในใบระดับปานกลางถึงร้อยละ 54 (ตารางที่ 5.6)

โพแทสเซียมในใบยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอนร้อยละ 68 และในที่ลุ่มร้อยละ 67 ของแปลงที่ใช้ศึกษาอยู่ในระดับต่ำ (ต่ำกว่า 13.5 กรัม/กิโลกรัม) เมื่อเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554) แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย พบว่าโพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนร้อยละ 56 และในที่ลุ่มร้อยละ 83 อยู่ในระดับปานกลาง (10.0 - 15.0 กรัม/กิโลกรัม) (ตารางที่ 5.7) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าค่าวิกฤตโพแทสเซียมในใบของเกณฑ์สถาบันวิจัยยางอาจเป็นค่าที่สูงเกินจริง ในขณะที่ค่ามาตรฐานโพแทสเซียมในใบยางพาราที่รายงานโดยสายใจและสถาบันวิจัยยางอินเดียมีช่วงที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5.6) และใกล้เคียงกับค่าวิกฤตโพแทสเซียมในใบที่มีค่าเท่ากับ 13.5 กรัม/กิโลกรัม (Joseph *et al.*, 1998) เมื่อนำค่าจากการทำนายมาเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าค่าวิกฤตโพแทสเซียมในใบที่ได้จากการทำนายอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับเกณฑ์สถาบันวิจัยยางอินเดียและของสายใจ แต่อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์สถาบันวิจัยยาง

ในดินปลูกยางพาราหากมีแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงจะส่งผลให้ยางพาราดูดโพแทสเซียมในดินได้น้อย ส่งผลให้โพแทสเซียมในใบลดลง (Yogarathnam and Mel, 1985) แม้ว่าดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพียงพอ แต่โดยทั่วไปดินปลูกยางพาราไม่ได้รับแมกนีเซียมจากปุ๋ยในแปลงปลูกยางพาราที่ปลูกติดต่อกันเป็นรอบที่ 2 และ 3 ดินอาจมีแมกนีเซียมต่ำ (< 34.46 มก./กก.) แปลงที่มีแมกนีเซียมต่ำจึงควรใส่ปุ๋ยคีเซอไรต์ ในอัตรา 80 กรัม/ตัน/ปี (นุชนารถ และคณะ, 2537) ส่วนแปลงที่มีแมกนีเซียมสูงก็ไม่จำเป็นต้องใส่ ในดินที่มีแมกนีเซียมสูงทำให้พืชดูดใช้โพแทสเซียมได้น้อยลง ซึ่งพบได้ในยางพารา (นุชนารถ, 2537; สุนทรีย์ และจินตนา, 2549; Iqbal and Yogarathnam, 1995) มะพร้าว (Jeganathan, 1990) ลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2550) และปาล์มน้ำมัน (สุนีย์, 2540) มีรายงานสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เหมาะสมในใบลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2549) โดยโพแทสเซียมต่อแคลเซียมควรอยู่ในช่วง 1.5 - 2.1 โพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมควรอยู่ในช่วง 6.2 - 7.7 และแคลเซียมต่อแมกนีเซียมควรอยู่ในช่วง 3.7 - 5.1 จึงเหมาะสม ในขณะที่ยางพาราที่ปลูกก่อนเปิดกรีดสัดส่วนของ

ธาตุดังกล่าวมีค่าต่ำกว่า โดยสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมเท่ากับ 3.2 - 4.2 และสัดส่วนของโพแทสเซียมต่อแคลเซียมเท่ากับ 0.8 - 1.4 (สายใจ, 2554)

โพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม ยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและที่ลุ่มมีโพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพาราไม่แตกต่างกันทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 5.8) ยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมในเซรุ่มสูงกว่าก่อนเปิดกรีด โดยยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ดอนและที่ลุ่มมีค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรุ่มเท่ากับ 38.12 และ 35.76 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรุ่มเท่ากับ 56.85 และ 59.36 มิลลิโมลาร์ ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ สอดคล้องกับที่มีรายงานโพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพาราเท่ากับ 30 - 80 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) และใกล้เคียงกับโพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพาราหลังเปิดกรีดในอำเภอคลองหอยโข่ง (49.89 - 54.30 มิลลิโมลาร์) และที่อำเภอเทพา (49.89 - 54.30 มิลลิโมลาร์) ในจังหวัดสงขลา (วารุณี และจำเป็น, 2556) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายซูโครส ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างน้ำยางพาราเข้าสู่ท่ออาหาร (phloem) ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ (ยงยุทธ, 2552) และเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ Pyruvate Kinase ในการเปลี่ยน PEP (phosphoenol pyruvate) เป็นไพรูเวต (pyruvate) ซึ่งจะเปลี่ยนต่อไปเป็น Acetyl-CoA ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการสร้างน้ำยางพารา (Jacob *et al.*, 1989) นอกจากนี้ โพแทสเซียมยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมสมดุลน้ำในพืชและทำให้ผลผลิตน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น (Joseph *et al.*, 1998) การกรีดยางพาราเป็นการกระตุ้นการสร้างน้ำยางพาราทดแทน ซึ่งใช้เวลา 48 - 72 ชั่วโมง (สถาบันวิจัยยาง, 2555) เมื่อมีการกรีดยางพารา ส่งผลให้ความดันภายในท่อน้ำยางลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผนังของท่อน้ำยางหดตัวขับน้ำยางพาราให้ไหลออกมา และมีการรักษาสมดุลน้ำในเซลล์ท่อน้ำยางโดยน้ำจากเซลล์ข้างเคียงหรือจากท่อน้ำ (xylem) และท่ออาหาร ซึ่งภายในท่ออาหารโพแทสเซียมสามารถเคลื่อนย้ายได้ (ยงยุทธ, 2552) จึงซึมผ่านผนังเซลล์เข้าสู่ท่อน้ำยางพาราซึ่งอยู่ภายในท่ออาหาร ดังนั้น จึงส่งผลให้ในยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพาราสูงกว่าในยางพาราก่อนกรีด สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า ยางพาราอายุ 5 ปีที่เปิดกรีดก่อนกำหนดมีโพแทสเซียมในเซรุ่มน้ำยางพาราสูงกว่ายางพาราที่มีอายุใกล้เคียงกันแต่ยังไม่เปิดกรีด (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ข)

#### ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรุ่มน้ำยางพารา

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน Water-K, Exch-K และ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  มีความสัมพันธ์กันสูงทั้งดินในที่ดอนและในที่ลุ่ม (ตารางที่ 5.9) สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง Water-K กับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ของดินอันดับอัลติซอลล์ ( $r = 0.88$ ) และออกซิซอลล์ ( $r = 0.90$ ) (Darunsontaya *et al.*, 2009) ทั้งนี้การใช้แอมโมเนียมอะซิเตต

สามารถสกัด Water-K และ Exch-K ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้ออกมาได้ ดินในที่ดินตอนมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  กับ Exch-K สูงถึง 0.98 แต่เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวแบบแพ็ทโคเอฟฟีเซียนต์ กลับพบว่า เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K เพียง 0.12 แต่ผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  สูงถึง 0.98 (ตารางที่ 5.10) ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินในที่ดินตอนมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและอนุภาคดินเหนียวต่ำ จึงทำให้พบความสัมพันธ์ดังกล่าวต่ำ ดังนั้น การประเมินโพแทสเซียมรูป  $\text{HNO}_3\text{-K}$  สำหรับดินในที่ดินน่าจะสะท้อนความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินได้ดี เนื่องจาก  $\text{HNO}_3\text{-K}$  เป็นผลรวมของ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  และ Fixed-K ซึ่ง  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในขณะที่ Fixed-K เป็นรูปที่เป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมในดินที่ค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้า ๆ ดังนั้น หากทราบโพแทสเซียมทั้งสองรูปก็จะทราบถึงศักยภาพของดินในที่ดินที่จะเป็นแหล่งให้โพแทสเซียม เพราะมีรายงานที่ Fixed-K สามารถปลดปล่อยเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้ทั้งฤดูปลูก (Havlin *et al.*, 2005) ส่วนดินในที่ดินที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  กับ Exch-K สูงถึง 0.97 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวแบบแพ็ทโคเอฟฟีเซียนต์ พบว่า เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K สูงถึง 0.75 (ตารางที่ 5.10) สอดคล้องกับที่รายงานว่าการใช้  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สามารถประเมิน Exch-K ซึ่งมีประมาณ 90 % ของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (Brady and Weil, 2008) และเหมาะสมในดินที่มีแร่ดินเหนียวเคลอิลิไนต์ (Nilawonk *et al.*, 2008)

ในการศึกษาครั้งนี้พบค่า  $r$  ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับ Fixed-K สูงทั้งดินในที่ดินตอน ( $r = 0.65$ ) และดินในที่ดินลุ่ม ( $r = 0.81$ ) และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวแบบแพ็ทโคเอฟฟีเซียนต์พบว่า ในดินที่ตอนความสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับ Fixed-K เกิดจากอิทธิพลโดยตรงของ Fixed-K สูงถึง 0.51 เช่นเดียวกับดินในที่ดินลุ่มที่ความสัมพันธ์ดังกล่าวเกิดจากอิทธิพลโดยตรงของ Fixed-K สูงถึง 0.69 และเมื่อนำ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  และ Fixed-K มาสร้างสมการถดถอยพบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $r^2$ ) สูง ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับ Fixed-K ทั้งดินในที่ดินตอนและดินในที่ดินลุ่ม (รูปที่ 5.5) โดยมีสมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับ Fixed-K ในดินดังนี้

$$\text{ดินในที่ดินตอน} \quad y = 0.36x + 1.28 ; r^2 = 0.51$$

$$\text{ดินในที่ดินลุ่ม} \quad y = 0.72x - 10.98 ; r^2 = 0.70$$

เมื่อ  $y$  คือ Fixed-K (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และ  $x$  คือ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

เมื่อทราบ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  จึงสามารถใช้คาดคะเนความเข้มข้น Fixed-K ได้ โดยการแทนค่า  $\text{HNO}_3\text{-K}$  ลงในสมการความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยไม่ต้องวิเคราะห์  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  แล้วนำมาหักลบกัน หากดินมี Fixed-K สูงแสดงว่าดินมีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองสูงและ



เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมในดินในระยะยาวได้ ทั้งนี้ค่า  $r^2$  ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับ Fixed-K ของดินในที่ลุ่มมีค่าสูง ( $r = 0.81$ ) เช่นเดียวกับที่พบในดินที่ลุ่มอันดับเวอร์ทิวซอลส์ที่มีแรสเมกไทต์เด่น ( $r = 0.99$ ) (Ngwe *et al.*, 2012) ทั้งนี้เกิดจากปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียวที่แตกต่างกัน ในดินที่ตอนส่วนใหญ่เป็นเคโอลิไนต์ ในขณะที่ดินในที่ลุ่มเป็นแร่ดินเหนียวแบบผสมซึ่งมีอิลไลต์รวมอยู่ ดังนั้น เมื่อใช้กรดไนตริก สกัดโพแทสเซียมที่ถูกตรึงส่งผลให้ Fixed-K ระหว่างผลึกซึ่งมีอยู่สูงในอิลไลต์ออกมา ซึ่งสอดคล้องกับ ผลการวิเคราะห์แพทโคเอฟพีเซียนด์ที่พบว่า  $\text{HNO}_3\text{-K}$  มีความสัมพันธ์กับ Fixed-K (ตารางที่ 5.11) ดังนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวในดินที่ลุ่มจึงมีค่าสูงกว่าดินที่ตอนซึ่งส่วนใหญ่มีแร่เคโอลิไนต์ซึ่งมี Fixed-K ต่ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติของดิน โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า สอดคล้องกับในดินปลุกถั่วพิสตาชิโอ (pistachio) ที่พบความสัมพันธ์สูงระหว่าง Water-K กับค่าการนำไฟฟ้า ( $r = 0.79$ ) (Hosseinfard *et al.*, 2010) ค่าการนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ในดิน ซึ่งปุ๋ยที่ใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียม เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแทสเซียมซัลเฟต ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ก็อยู่ในรูปของเกลือ ดังนั้น เมื่อใส่โพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมซัลเฟตในดินจึงอาจส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุ โดยเฉพาะรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ตารางที่ 5.12) เช่นเดียวกับที่มีรายงานค่า  $r$  ระหว่าง  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  กับอินทรีย์วัตถุในดินที่ลุ่มอันดับเวอร์ทิวซอลส์ ( $r = 0.55$ ) (Ngwe *et al.*, 2012) อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งประจุลบในดิน ทำให้ดินดูดซับแคตไอออน รวมทั้งโพแทสเซียมได้ดีขึ้น ส่งผลให้ Exch-K ถูกดูดซับบริเวณผิวคอลลอยด์ดินหรืออินทรีย์วัตถุ ดังนั้น Water-K และ Exch-K จึงมีความสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุสูง นอกจากนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับอินทรีย์วัตถุมีค่าต่ำ ในขณะที่มีรายงานว่าดินในที่ตอนอันดับอัลทิวซอลส์และออกซิซอลส์ในประเทศไทยไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับอินทรีย์วัตถุในดิน (Darunsontaya *et al.*, 2011) แม้ว่า  $\text{HNO}_3\text{-K}$  จะสกัดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และ Fixed-K ออกมา แต่ Fixed-K ไม่ได้เป็นส่วนที่ถูกดูดซับกับอินทรีย์วัตถุ แต่ถูกดูดซับในระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียว (Ghost and Singh, 2001) จึงส่งผลให้ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว Fixed-K มีความสัมพันธ์กับแคลเซียม ( $r = 0.20$ ) และแมกนีเซียมที่สกัดได้ ( $r = 0.37$ ) นอกจากนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับแมกนีเซียมที่สกัดได้ ( $r = 0.36$ ) เนื่องจากแร่ปฐมภูมิและทุติยภูมิที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น ไบโอไทต์ ( $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) และอิลไลต์ ( $(\text{Si},\text{Al})_8(\text{Al},\text{Fe},\text{Mg})_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ ) มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (Sposito, 2008) ดังนั้น เมื่อใช้  $\text{HNO}_3$  ในการสกัดจึงสามารถสกัดแมกนีเซียมออกมา จึงทำให้พบความสัมพันธ์ดังกล่าว (ตารางที่ 5.12)

Exch-K มีความสัมพันธ์กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ( $r = 0.19$ ) สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง Exch-K กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ( $r = 0.30$ ) ในดินที่ตอนอันดับ

อัลทิกซอลส์และออกซิซอลส์ในประเทศไทย (Darunsontaya *et al.*, 2011) ดินเหนียวซึ่งมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงจะมีแคตไอออนที่ถูกดูดซับสูงกว่าดินทรายที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (Brady and Weil, 2008) อย่างไรก็ตาม เมื่อพืชดูดโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับบริเวณผิวคอลลอยด์ ไปใช้จึงทำให้โพแทสเซียมที่ถูกดูดซับลดลง ดังนั้น จึงส่งผลให้พบความสัมพันธ์ต่ำระหว่าง Exch-K กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน นอกจากนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่าง Total-K กับอนุภาคดินเหนียว ( $r = 0.19$ ) ในอนุภาคดินเหนียวมีส่วนที่เป็นแร่ดินเหนียวและแร่ปฐมภูมิ (อัญชลี, 2553) ซึ่งโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปองค์ประกอบของแร่มีประมาณร้อยละ 90 - 98 ของ Total-K (Havlin *et al.*, 2005) ดังนั้น หากอนุภาคดินเหนียวมีแร่ที่มีโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบอยู่น้อยก็ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าง Total-K กับอนุภาคดินเหนียวมีค่าต่ำเช่นกัน

**ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเชร้มน้ำยางพารา** เมื่อโพแทสเซียมเข้าสู่รากโดยส่วนใหญ่โดยการแพร่จากที่มีความเข้มข้นสูงในดินผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ในรากเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำ (xylem) โพแทสเซียมและธาตุอื่น ๆ จะถูกเคลื่อนย้ายตามกระแสการคายน้ำไปยังบริเวณใบ ดังนั้น ใบจึงเป็นศูนย์รวมของธาตุอาหารที่พืชได้รับจากดิน เมื่อใบได้รับโพแทสเซียมและธาตุอื่น ๆ ส่วนหนึ่งก็จะถูกส่งเข้าท่ออาหาร (phloem) เพื่อลำเลียงไปสู่เซลล์ต่าง ๆ ในพืช (ยงยุทธ, 2552) โดยส่วนต่าง ๆ ของยางพารา เช่น ใบ ลำต้น ราก และน้ำยาง มีโพแทสเซียมอยู่ร้อยละ 0.89, 0.43, 0.52 และ 0.26 ตามลำดับ (สุนทรี และจินตนา, 2549) ดังนั้น จึงพบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบยางพารากับโพแทสเซียมในเชร้มน้ำยางพาราทั้งยางพาราก่อนเปิดกรีด ( $r = 0.40$ ) และหลังเปิดกรีด ( $r = 0.36$ ) (ตารางที่ 5.14) และในไม้ผลก็พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบกับในผลมะม่วงสุก ( $r = 0.38$ ) (นุจรี และคณะ, 2554)

การใส่ปุ๋ยให้แก่ต้นยางพาราส่งผลให้สถานะธาตุอาหารในน้ำยางเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อ ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้โพแทสเซียมในน้ำยาง (Watson, 1989; สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) และในใบ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ข) เพิ่มขึ้น ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรดเพิ่มระดับไนโตรเจนโพแทสเซียม และแมกนีเซียมใน น้ำยางพารา ใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตเพิ่มฟอสฟอรัสและแคลเซียม ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มโพแทสเซียมและฟอสฟอรัส แต่ลดแคลเซียมและแมกนีเซียม และปุ๋ยแมกนีเซียมเพิ่มแมกนีเซียม แต่ลดโพแทสเซียมในน้ำยางพารา (Waston, 1989) เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียมมีผลทำให้แมกนีเซียมในน้ำยางเพิ่มขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมทำให้แมกนีเซียมในน้ำยางเพิ่มขึ้นเช่นกัน (นุชนารถ, 2550) ดังนั้น เมื่อยางพาราดูดธาตุอาหารไปจากดินก็จะนำธาตุอาหารส่วนหนึ่งไปใช้สร้างน้ำยางพาราและสร้างชีวมวล สอดคล้องกับที่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในเชร้มน้ำยางพารากับโพแทสเซียมในใบยางพาราทั้งในระยะก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 5.14) จึงมีความเป็นไปได้ถึงการนำเชร้มน้ำยางพารามาใช้ในการตรวจสอบสถานะธาตุอาหารของยางพารา

เพราะยางพาราหลังเปิดกรีดสูงประมาณ 15 - 20 เมตร เก็บใบจากตำแหน่งที่เหมาะสมได้ไม่สะดวก อีกทั้งการเก็บน้ำยางพาราทำได้ง่ายกว่าการเก็บใบ ซึ่งการเก็บน้ำยางพาราจะเก็บบริเวณกึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 เซนติเมตร (วารุณี และจำเป็น, 2556) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานช่วงเวลาที่เหมาะสมในรอบปีสำหรับเก็บน้ำยางพาราเพื่อตรวจสอบสถานะธาตุอาหารเหมือนกับตัวอย่างใบที่ต้องมีอายุ 100 - 150 วันหลังจากผลิใบ เพราะเป็นช่วงที่ความแปรปรวนของธาตุอาหารในใบต่ำ (นุชนารถ, 2542) การวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำยางพาราเพื่อประเมินสถานะธาตุอาหารยังไม่เคยมีการศึกษา ดังนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมช่วงเวลาเหมาะสมที่เก็บในรอบปี และเกณฑ์มาตรฐานสำหรับโพแทสเซียมในเซรัม น้ำยางพารา เพื่อใช้ประเมินสถานะธาตุอาหารร่วมกับผลการวิเคราะห์ดินและใบ ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปุ๋ยโพแทชในสวนยางพาราให้สอดคล้องกับความต้องการโพแทสเซียมของยางพารายิ่งขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ในดินกับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา สอดคล้องกับการศึกษาในดินปลูกไม้ผล เช่น ส้มสายน้ำผึ้ง (ภาวนี และคณะ, 2551) ทูเรียน (สุมิตรา และวิเชียร, 2546) มะม่วง (อัศจรรย์, 2545) และยางพารา (สมยศ และคณะ, 2536) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในดินกับธาตุอาหารในใบของพืชยืนต้น แต่ในพืชอายุสั้น มีรายงานว่า พบความสัมพันธ์ระหว่าง  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  กับโพแทสเซียมที่ข้าวโพดดูดนำไปใช้ ( $r = 0.94$ ) (สุรเชษฐ, 2550) การใช้แอมโมเนียมอะซิเตตเป็นสารสกัดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเป็นวิธีที่นิยมใช้ในประเทศไทย (คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี, 2536; สมศักดิ์, 2537; จำเป็น, 2547; สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547; จงรักษ์, 2550; พัทรี, 2552)

การวิเคราะห์ดินเป็นการประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินว่าเพียงพอที่พืชจะดูดนำไปใช้หรือไม่ ในขณะที่การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบเป็นสิ่งที่สะท้อนความสามารถของพืชในการดูดธาตุอาหารจากดินไปใช้ (สุมิตรา, 2544) ในดินปลูกพืชยืนต้นที่มีการใส่ปุ๋ย พืชจะดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ใส่ ทำให้ธาตุอาหารในพืชค่อย ๆ สูงขึ้น แต่ธาตุอาหารในดินค่อย ๆ ลดลง ประกอบกับการตอบสนองธาตุอาหารของพืชยืนต้นในสภาพธรรมชาตินั้น มีปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มาเกี่ยวข้องนอกเหนือจากปัจจัยด้านธาตุอาหาร (ปัทมา, 2547) เช่น ปัจจัยด้านภูมิอากาศที่แปรปรวน ปัจจัยดินทางด้านสมบัติเคมี กายภาพ และชีวภาพ และปัจจัยด้านพืช เช่น ความสามารถพิเศษของรากในการ ขับกรดอินทรีย์ (Onthong and Osaki, 2006) ช่วยปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้กลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ (Han and Lee, 2005) ดังนั้น จึงส่งผลให้ไม่ค่อยพบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินกับปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดนำไปใช้ ในขณะที่พืชที่เจริญเติบโตในธรรมชาติ ความอุดมสมบูรณ์ของดินขึ้นกับชนิดของหินหรือแร่ที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดิน ดังนั้น ดินที่มีความอุดม

สมบูรณ์สูงธาตุอาหารที่พืชดูดนำไปใช้จึงมีความสัมพันธ์อย่างแท้จริงกับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่เดิมในดิน ในปัจจุบันได้มีการทดลองในสภาพไร่นาโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ธาตุนั้นๆ ในดินกับร้อยละผลผลิตสัมพันธ์ แล้วกำหนดเป็นช่วงระดับธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพืชนั้นๆ (ปัทมา, 2547) อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวต้องใช้เวลาและทำได้ยาก

ในการศึกษาครั้งนี้พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในดินรูป Fixed-K กับโพแทสเซียมในใบ และในเขรมน้ำยางพารา (ตารางที่ 5.13) เช่นเดียวกับดินปลูกถั่วเหลืองที่พบความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับโพแทสเซียมในส่วนเหนือดิน ( $r = 0.91$ ) (Taiwo *et al.*, 2010) ดังนั้น ในดินปลูกยางพาราจึงควรวิเคราะห์ Fixed-K ร่วมกับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  เพราะดินที่มี Fixed-K สูง จะเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมเพิ่มเติมในระยะยาวได้ดีกว่าดินที่มี Fixed-K ต่ำ (Ghost and Singh, 2001) โดย Fixed-K จะค่อย ๆ ปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง (Benipal and Pasricha, 2002; Brady and Weil, 2008) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า Fixed-K สามารถเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชในฤดูกาลปลูก (Havlin *et al.*, 2005) เช่นเดียวกับดินที่มีแร็อลไลต์ (Darunsontaya *et al.*, 2012) และสเมกไทต์ (Weena *et al.*, 2008) สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อรักษาระดับ Fixed-K ในดิน

### สัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียม ( $\text{BC}_K$ ) ในดินปลูกยางพารา

ดินเนื้อละเอียดมีพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า แคลเซียม แมกนีเซียม ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน รวมถึงโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ได้แก่ Water-K, Exch-K,  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ , Fixed-K และ Total-K สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลาง และกลุ่มดินเนื้อหยาบ (ตารางที่ 5.15) ในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีอนุภาคดินเหนียวซึ่งเป็นแหล่งประจุไฟฟ้าลบในดินและมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบ (ตารางที่ 5.15) จึงส่งผลให้ดินเนื้อละเอียดดูดซับโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมได้สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบ เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า ดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าในดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al.*, 2005) สอดคล้องกับดินปลูกถั่วพิตาชิโอในประเทศอิหร่านที่พบว่า หากมีดินเหนียวสูงจะมีโพแทสเซียมที่สกัดได้สูง (Hosseinifard *et al.*, 2010) แต่ต่างจากดินในที่ดินดอนและในที่ลุ่มที่ปลูกยางพาราที่ใช้ศึกษาที่พบว่า ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5.1)

ดินที่ใช้ศึกษาทั้ง 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ ได้แก่ ชุดดินบางนารา พะวง ภูเก็ท ผังแดง สายบุรี คอหงส์ และชุดดินน้ำกระจาย นอกจากนี้ จัดอยู่ในอันดับออกซิซอลส์ คือ ชุดดินอ่าวลึก และอันดับเอ็นทิซอลส์ คือ ชุดดินบาเจาะ ดินในอันดับอัลทิซอลส์และออกซิซอลส์พบทั่วไปในเขตร้อน ดินสองอันดับนี้เป็นดินที่ผ่านการชะละลาย (leaching) มามาก จึงทำ

ให้ดินมีแคตไอออนสภาพเบส (basic cation) ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ต่ำกว่าร้อยละ 35 นอกจากนั้น ชุดดินอ่าวลึกซึ่งจัดอยู่ในอันดับออกซิซอลส์ พบว่า มีดินเหนียวสูง ดินจึงมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (ตารางที่ 5.16) ส่วนชุดดินบาเงาะซึ่งอยู่ในอันดับเอ็นทิสอลส์มีร้อยละอนุภาคทรายสูง มีร้อยละอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุต่ำ จึงมีโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ตลอดจนความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (ตารางที่ 5.15)

ชุดดินอ่าวลึกซึ่งอยู่ในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีพีเอช โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงเพราะเกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินปูนหรือหินปูนร่วมกับหินดินดาน (วุฒิชชาติ, 2550) ดังนั้น เมื่อหินปูนสลายตัวจึงปลดปล่อยแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบของแคลไซต์ ( $\text{CaCO}_3$ ) และโดโลไมต์ ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) ตลอดจนไฮดรอกไซด์ไอออน ( $\text{OH}^-$ ) ซึ่งได้จากการไฮโดรไลซิสของคาร์บอเนตไอออน ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ส่งผลให้ดินมีพีเอช แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้สูง แต่ดินทั้งสามกลุ่มมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ ซึ่งในดินต่างฟอสฟอรัสจะเกิดการตกตะกอนกับแคลเซียมและแมกนีเซียม ส่วนในดินกรดฟอสฟอรัสจะตกตะกอนกับเหล็กและอะลูมิเนียมกลายเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ยากขึ้น (Brady and Weil, 2008)

ในดินที่มีค่าสัมประสิทธิ์บีฟเฟอร์ของโพแทสเซียมสูง จะมีโพแทสเซียมที่สกัดได้ใกล้เคียงกับโพแทสเซียมที่เติมลงไปที่ดิน ดังนั้น หากใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจะมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง แต่สำหรับในภาคใต้ที่มีฝนตกชุกจะส่งผลให้กระบวนการชะละลาย (leaching) และการกร่อน (erosion) เกิดขึ้นง่าย จึงอาจส่งผลให้สูญเสียโพแทสเซียมออกไปในดินได้ง่ายกว่าดินเนื้อละเอียดที่สามารถดูดซับโพแทสเซียมไว้ ในกลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่า  $\text{BC}_K$  สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อละเอียด (รูปที่ 5.6) โดยมีค่าเฉลี่ย  $\text{BC}_K$  ในดินเท่ากับ 0.97, 0.92 และ 0.81 ตามลำดับ ดังนั้น หากใส่โพแทสเซียมในดินทั้งสามกลุ่ม 100 มิลลิกรัม จะพบว่า โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินทั้งสามกลุ่มเพิ่มขึ้น 96.8, 92.3 และ 80.9 มิลลิกรัม ตามลำดับ และดินจะมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและกลายเป็นแหล่งสำรองในดินเพิ่มขึ้น 3.2, 7.7 และ 19.1 มิลลิกรัม หรือดินสามารถตรึงโพแทสเซียมได้ร้อยละ 3.2, 7.7 และ 19.1 ของปริมาณโพแทสเซียมที่เติมในกลุ่มดินเนื้อหยาบ กลุ่มดินเนื้อปานกลาง และกลุ่มดินเนื้อละเอียดตามลำดับ ซึ่งส่วนที่ถูกตรึงนี้จะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ (Havlin *et al.*, 2005)

ความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมในดินแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน หากมีดินเหนียวสูงพบว่า ดินมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงสูงกว่าดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al.*, 2005) เช่นเดียวกับดินในที่ลุ่มซึ่งมีดินเหนียวสูง พบว่า มี Fixed-K สูงกว่าดินในที่ดอนซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบ (ตารางที่ 5.2) สอดคล้องกับที่พบความสัมพันธ์เชิงลบสูงระหว่าง  $\text{BC}_K$  กับ อนุภาคดินเหนียว ( $r = -0.79$ ) (ตารางที่ 5.16) และความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่าง  $\text{BC}_K$  กับอนุภาคทราย ( $r = 0.69$ )

นอกจากนั้น ยังสอดคล้องกับดินปลูก ชูการ์บีตในอิหร่านที่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กับอนุภาคเหนียว ( $r = 0.38$ ) (Samadi *et al.*, 2008)

ความสามารถของดินในการตรึงโพแทสเซียมที่แตกต่างกันเกิดจากประจุลบที่อยู่บริเวณระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียว (clay layer) ซึ่งเกิดจากระบวนแทนที่ขนาดเท่า (isomorphous substitution) ดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เช่น สเมกไทต์ (-80 ถึง -150 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) เวอร์มิคิวไลต์ (-100 ถึง -200 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) อิลไลต์ (-10 ถึง -40 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) มีประจุลบสุทธิสูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิดเคโอลิไลต์ (-1 ถึง -10 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) ซึ่งเป็นแบบชนิด 1:1 ดังนั้น ดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เช่น อิลไลต์ (Sharma *et al.*, 2010) หรือสเมกไทต์สูง (สาริศา, 2552) สามารถตรึงและดูดซับโพแทสเซียมได้สูง นอกจากนี้ ดินที่มีประจุขึ้นกับพีเอช (pH dependent charge) เช่น เคโอลิไนต์และออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม มีรายงานว่า ดินมีพีเอชสูงขึ้นส่งผลให้ดินมีประจุลบเพิ่มขึ้น (Brady and Weil, 2008) สามารถตรึงโพแทสเซียมได้สูงกว่าดินที่มีพีเอชต่ำ (Havlin *et al.*, 2005) การใช้  $\text{NH}_4\text{OAc}$  เป็นสารสกัดโพแทสเซียมเพื่อศึกษา  $\text{BC}_k$  พบว่า  $\text{BC}_k$  มีความสัมพันธ์กับแมกนีเซียมที่สกัดได้ และสามารถใช้แมกนีเซียมที่สกัดได้อธิบายความผันแปรของ  $\text{BC}_k$  ได้ร้อยละ 54.6 (สาริศา, 2552) สอดคล้องกับดินทั้งสามกลุ่มเนื้อดินที่พบความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมที่สกัดได้กับ  $\text{BC}_k$  ( $r = -0.58$ ) การใช้  $\text{NH}_4\text{OAc}$  สกัดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสามารถสกัดแมกนีเซียมออกมาได้ด้วย ซึ่งในดินทั่วไปมีแมกนีเซียมประมาณร้อยละ 4 - 20 ของความสามารถในการแลกเปลี่ยนของดิน (Havlin *et al.*, 2005) จึงส่งผลให้พบความสัมพันธ์ดังกล่าว แมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีอันตรกิริยากับโพแทสเซียมโดยสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินปลูกพืชยืนต้นควรมีสัดส่วนน้อยกว่า 5 สำหรับพืชผักเท่ากับ 3 และในไม้ผลควรอยู่ที่ 2 (Havlin *et al.*, 2005) ในดินทั้งสามกลุ่มที่ศึกษาพบสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมเท่ากับ 1.50, 2.04 และ 5.06 ส่วนสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแคลเซียมเท่ากับ 0.46, 0.82 และ 1.48 ในกลุ่มดินเนื้อละเอียด เนื้อปานกลาง และกลุ่มดินเนื้อหยาบ ตามลำดับ (ตารางที่ 5.15) ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีรายงานไว้ในดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดว่า สัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมควรมีค่า 2.0 - 6.0 และสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแคลเซียมควรอยู่ที่ 0.4 - 1.4 (สายใจ, 2554) เพื่อไม่ให้เกิดอันตรกิริยาการแข่งขันเข้าสู่รากพืชของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน

#### แนวทางการจัดการโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา

ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ศึกษามีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (โพแทสเซียม ในสารละลายดิน และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ใกล้เคียงกัน แต่โพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรอง (โพแทสเซียมที่ถูกตรึง และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่) พบว่า

ดินในที่ดินมีต่ำกว่าดินใน ที่ลุ่มมาก (ตารางที่ 5.2) ดินปลูกยางพาราที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำจะต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มโพแทสเซียมให้เพียงพอกับความต้องการของยางพารา ปัจจุบันสถาบันวิจัยยางแนะนำปุ๋ยสูตร 29-5-18 สำหรับยางพาราหลังเปิดกรีดในทุกพื้นที่ อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น/ปี คิดเป็นโพแทสเซียม 11.35 กิโลกรัม/ไร่/ปี (ยาง 76 ต้น/ไร่) และในน้ำยางสด 1,000 กิโลกรัม สูญเสียโพแทสเซียม 25 กิโลกรัม (สถาบันวิจัยยาง, 2550) ดังนั้น จึงสูญเสียโพแทสเซียมไปกับน้ำยาง 17.76 กิโลกรัม/ไร่/ปี (ผลผลิตยางแห้ง = 297 กิโลกรัม/ไร่/ปี และ % เนื้อยางแห้ง = 41.8) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ย หากใส่ปุ๋ยน้อยกว่าที่สูญเสียออกไป ในระยะยาวอาจทำให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงเหมือนที่พบในดินปลูกยางพาราในสาธารณรัฐประชาชนจีน (Chun-man *et al.*, 2007)

ดินปลูกยางพาราในที่ดินส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ ดินมีค่า  $BC_k$  สูง (รูปที่ 5.6) และมีความสามารถในการดูดซับและตรึงโพแทสเซียมได้ต่ำ เมื่อเติมโพแทสเซียมลงไปดินทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินขณะนั้นสูงแต่โพแทสเซียมถูกตรึงไว้ต่ำ ดังนั้น จึงสกัดโพแทสเซียมออกมาได้ใกล้เคียงกับที่เติมลงไป อย่างไรก็ตาม จังหวัดสงขลามีฝนตกชุกจึงส่งผลให้ในดินเนื้อหยาบมีโอกาสสูญเสียโพแทสเซียมออกไปจากดินโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย ดังนั้น ในดินเนื้อหยาบซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนต่ำจึงควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ หรือใส่อินทรีย์วัตถุเพิ่มเติม เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งของประจุลบในดิน ช่วยให้ดินดูดซับโพแทสเซียมไม่ให้สูญเสียออกไปโดยการชะละลายได้ง่าย นอกจากนี้ เมื่ออินทรีย์วัตถุเกิดการย่อยสลายก็จะมีกรดปล่อยโพแทสเซียมให้แก่ยางพารา เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ยางพาราเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ลิขิต และคณะ, 2534) และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีและสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีได้ (ลิขิต และคณะ, 2534; นุชนารถ และประสาธ, 2547) ดังนั้น จึงมีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์แก่ยางพาราอย่างน้อย 2 กิโลกรัม/ต้น/ปี ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตรแนะนำ (นุชนารถ, 2554)

ดินปลูกยางพาราในที่ดินส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียด ดินมีค่า  $BC_k$  ต่ำ ดังนั้น เมื่อเติมโพแทสเซียมลงไปดินโพแทสเซียมจึงถูกดูดซับและตรึงไว้ได้สูง ทำให้เมื่อสกัดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ออกมามีน้อยกว่าที่เติมลงไป อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมที่ถูกตรึงจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ ดินเนื้อละเอียดมี Total-K สูง ซึ่ง Total-K ส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นองค์ประกอบของแร่ ซึ่งสามารถปลดปล่อยออกมาได้โดยการผุพังสลายตัว แต่ต้องใช้เวลานาน อย่างไรก็ตาม ยางพารา (Onthong and Osaki, 2006) และแบคทีเรีย *Bacillus mucilaginosus* (Han and Lee, 2005) สามารถขับกรดออกซาลิก (oxalic acid) ออกมาสู่ดินได้ กรดอินทรีย์ดังกล่าวช่วยให้เกิดพันธะกับอะตอมของโลหะในองค์ประกอบของแร่ หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยา Chelation (Badr *et al.*, 2006; Brady and Weil, 2008) แร่จึงค่อย ๆ สลายตัว และปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาได้เร็วกว่าการผุพังสลายตัวตามธรรมชาติ

ดังนั้น ดินในที่ลุ่มซึ่งมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่สูง จึงสามารถเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่ยางพารานำไปใช้ในระยะเวลาได้ดีกว่าดินในที่ดอนซึ่งมีโพแทสเซียมในรูปที่เป็นแหล่งสำรองต่ำ ดังนั้น โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มจึงสูงกว่าในยางพาราที่ปลูกในที่ดอน ทั้ง ๆ ที่ดินมี  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  ใกล้เคียงกัน ดินในที่ลุ่มที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำควรใส่อินทรีย์วัตถุหรือปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดกรดอินทรีย์ ซึ่งช่วยให้เร่งเกิดการสลายตัว (Singh *et al.*, 2002) นอกจากนี้ ดินเนื้อละเอียดมีความพรุนต่ำกว่าดินเนื้อหยาบ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จึงควรใส่อินทรีย์วัตถุเพื่อช่วยให้ดินมีความพรุนรวมถึงการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น

แม้ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ซึ่งเป็นส่วนสำรองโพแทสเซียมในดิน แต่ในระยะเวลาจะส่งผลให้ Fixed-K (Hosseinifard *et al.*, 2010; Darunsontaya *et al.*, 2012; Ulaganathan *et al.*, 2012) และ Total-K ลดลงได้ (Karthikakuttyamma *et al.*, 1998; Ulaganathan *et al.*, 2012) ดังนั้นจึงควรใส่ปุ๋ยเพื่อรักษาสมดุลโพแทสเซียมในดิน แม้ยางพาราจะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมได้ดีเมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (นุชนารถ, 2550)

ปัจจุบันการใส่ปุ๋ยให้สอดคล้องกับความต้องการของยางพารา จะใช้การประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ร่วมกับประเมินสถานะไนโบ แต่ในยางพาราไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินกับโพแทสเซียมไนโบ (ตารางที่ 5.13) สอดคล้องกับที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ (สมยศ และคณะ, 2536) และไนโบผล (อัศจรีย์, 2545; สุมิตรา และวิเชียร, 2546; ภาวินี และคณะ, 2551) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับโพแทสเซียมไนโบ ดังนั้น ดินปลูกยางพารา จึงควรพิจารณาโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองร่วมกับการประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยเฉพาะดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มซึ่งมีแหล่งสำรองโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งค่อย ๆ ปลดปล่อยมากกว่าดินในที่ดอน นอกจากนี้ ภาครัฐควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการบันทึกประวัติการใช้ปุ๋ย รวมถึงผลผลิตน้ำยางพารา สำหรับใช้พิจารณาสมดุลโพแทสเซียมที่ได้รับและสูญเสียในแต่ละปี เพื่อไม่ให้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่ำกว่าที่สูญเสีย รวมถึงควรส่งเสริมการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินหรือทดสอบดิน เพราะการใช้ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินพบว่า ทำให้อยางพาราก่อนเปิดกรีดเติบโตดีและเปิดกรีดได้เร็วกว่าการใช้ปุ๋ยสูตรแนะนำ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) เช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในยางพาราหลังเปิดกรีดที่พบว่า ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและลดค่าปุ๋ยที่ใช้ ส่งผลให้มีผลตอบแทนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกร (นุชนารถ และคณะ, 2551) และควรจัดเจ้าหน้าที่อบรมวิชาการเรื่องดินและปุ๋ยให้แก่เกษตรกร เพราะเกษตรกรปลูกยางพาราในที่ดอนส่วนใหญ่ได้รับความรู้เรื่องดินและปุ๋ยจากกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (สกย.) แต่เกษตรกรในที่ลุ่มได้จากเพื่อนบ้านและหมอดินอาสา (หทัยกานต์ และคณะ, 2556) เช่นเดียวกับเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมันที่ได้รับความรู้



การใช้จากร้านค้าปุ๋ยมากกว่าการศึกษาด้วยตนเองจากเอกสาร ตำรา และสื่อต่าง ๆ (ชัยรัตน์ และคณะ, 2551) ดังนั้น หากเกษตรกรได้รับความรู้ดังกล่าว และนำมาใช้ในการจัดการปุ๋ยโพแทช ในดินปลูกยางพาราโดยใส่โพแทสเซียมในดินสูงกว่าที่สูญเสียร่วมกับการพิจารณาโพแทสเซียม ที่มีอยู่ในดินก็จะสามารถรักษาระดับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินไม่ให้ลดลงได้

## สรุป

ดินในที่ดินดอนและในที่ดินลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน และจัดว่าต่ำกว่า ระดับที่เหมาะสม (40-60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) แต่มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียม ทั้งหมดในดินต่ำกว่าในที่ดินลุ่มมาก โดยพบความสัมพันธ์ระหว่าง โพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเตทมีความสัมพันธ์กันสูง นอกจากนี้ ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับ โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนตริก โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดินมีแนวโน้มต่ำกว่าในที่ดินลุ่มเล็กน้อย และต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (13.6-16.5 กรัม/กิโลกรัม) ในขณะที่ โพแทสเซียมในซอร์บิแทลยางพาราที่ปลูกในที่ดินดอนและในที่ดินลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ โพแทสเซียมในน้ำยางพาราก่อนเปิดกรีดต่ำกว่าในน้ำยางหลังเปิดกรีด โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินกับโพแทสเซียมในใบ นอกจากนี้ โพแทสเซียมในใบและในซอร์บิแทลยางพารามีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น การวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำยางจึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดศักยภาพการดูดใช้ธาตุอาหารในดินได้เช่นเดียวกับค่าวิเคราะห์ใบ

ผลการศึกษาศึกษาสัมประสิทธิ์บัพเฟอร์ของโพแทสเซียมในดิน ( $BC_K$ ) พบว่า กลุ่มดิน เนื้อหยาบมีค่าเฉลี่ย  $BC_K$  สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อละเอียด โดยมีค่าเฉลี่ย  $BC_K$  เท่ากับ 0.97, 0.92 และ 0.81 ตามลำดับ หากค่า  $BC_K$  ใกล้เคียง 1 แสดงว่า ดินมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมต่ำ นั่นคือ โพแทสเซียมที่สกัดได้มีปริมาณใกล้เคียงกับ โพแทสเซียมที่เติมลงไป ในดิน เนื่องจากดินดอนและดินที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ จึงต้องใส่ปุ๋ยโพแทชให้เพียงพอเพื่อชดเชยโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับผลผลิต สำหรับดินที่ ดอนซึ่งส่วนใหญ่มีเนื้อหยาบ มีความสามารถดูดซับโพแทสเซียมไว้ได้ต่ำ จึงควรมีการใส่ปุ๋ย อินทรีย์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อให้ดินดูดซับโพแทสเซียมไว้ได้ดีขึ้น ส่วนดินในที่ดินลุ่มที่มี อินทรีย์วัตถุต่ำก็ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อช่วยให้ดินมีความร่วนซุย ระบายน้ำได้ดีขึ้น นอกจากนี้ กรดอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุก็จะช่วยให้แร่ที่มีโพแทสเซียมเป็น องค์ประกอบปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินได้ อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาถึงการ ปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่มีโพแทสเซียมทั้งหมดสูง และการคัดเลือกพันธุ์ยาง ตลอดจน จุลินทรีย์เพื่อช่วยเพิ่มการละลายของโพแทสเซียมในดิน

## บทที่ 6

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาศาสนาของโพแทสเซียมและสมบัติของดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอน ประกอบด้วย 3 การทดลอง คือ 1) สันฐานวิทยาสนาม สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินปลูกยางพาราในพื้นที่นาร้างและที่ดอน 2) สถานะธาตุอาหารกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอน และ 3) สถานะโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มและความสัมพันธ์กับธาตุอาหารไนโตรเจนและในน้ำยางพารา ได้ผลสรุปดังนี้

1. สภาพพื้นที่ ดินในพื้นที่ดอนมีสภาพภูมิประเทศที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชันในระบบของที่ลาดเชิงเขาและตะพักลำน้ำ มีวัตถุต้นกำเนิดดินแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ เศษหินเชิงเขา วัสดุตกค้างของหินทราย และตะกอนน้ำพา และมีระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 100 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ส่วนดินปลูกยางพาราในพื้นที่ลุ่มมีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบหรือเกือบราบอยู่ในระบบของตะพักลำน้ำและส่วนใหญ่เป็นตะพักชั้นต่ำ มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา ระดับน้ำใต้ดินในแปลงปลูกยางพาราที่ลุ่มได้ผลคืออยู่ลึกกว่าในบริเวณแปลงปลูกยางพาราที่ลุ่มได้ผลไม่ดี โดยระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยจากแปลงที่ได้ผลดีและไม่ดีเท่ากับ 72 และ 64 เซนติเมตรจากผิวดิน ตามลำดับ
2. ลักษณะทั่วไปของดินที่ดอนและที่ลุ่ม ส่วนใหญ่เป็นดินลึกและมีพัฒนาการสูง ในที่ดอนดินมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลปนเหลืองหรือส้มปนเหลือง ไม่พบจุดประในหน้าตัดดิน มีสภาพการระบายน้ำดี ส่วนลักษณะดินในที่ลุ่มเป็นดินเนื้อละเอียดและหน้าดินลึกกว่าที่ดอน บางบริเวณพบการสะสมสารเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต และซันพลินไทต์ สีดินในที่ลุ่มมีสีอ่อนกว่าดินที่ดอน โดยมีลักษณะสีเทาและมีจุดประในหน้าตัดดินเนื่องจากการระบายน้ำเร็ว มีน้ำแช้งในดินในช่วงหนึ่งของปี
3. สภาพการระบายน้ำ ในแปลงบริเวณที่ลุ่มได้ผลดี ดินมีลักษณะสีดินและจุดประแสดงถึงการมีน้ำแช้งในหน้าตัดดินเป็นระยะเวลาสั้น ๆ หรือไม่มีน้ำแช้งในตอนบนของหน้าตัดดินที่ช่วงความลึก 0-25/35 เซนติเมตร ส่วนแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดีจะมีสภาพน้ำแช้งนานและพบจุดประที่เกิดจากน้ำแช้งในระดับ 0-30 เซนติเมตรเป็นปริมาณมากกว่าในแปลงที่ได้ผลดี ทั้งนี้ พบจุดประเป็นเส้น ๆ ที่เกิดจากรากพืชภายในระดับ 0-30 เซนติเมตร ทั้งในแปลงที่ได้ผลดีและไม่ดี

4. สมบัติกายภาพ เนื้อดินในบริเวณที่ตอนส่วนใหญ่ มีเนื้อหยาบกว่าดินในบริเวณที่ลุ่ม ดินที่ตอนมีความหนาแน่นรวมและสภาพน้ำสูงกว่าในที่ลุ่ม และในชั้นดินล่างมีค่าสูงกว่าดินบน
5. สมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยทั่วไปดินมีสภาพเป็นกรด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอิ่มตัวเบส มีค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ
6. ความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกยางพารา ดินที่ตอนส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในระดับเหมาะสมดี มีข้อจำกัดเพียงความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ดินที่ลุ่มทุกบริเวณมีสภาพไม่เหมาะสมสำหรับยางพารา มีข้อจำกัดรุนแรงเรื่องการมีน้ำแช่ขังบนผิวดิน ร่องลงมา คือ ดินมีสภาพการระบายน้ำเร็ว แต่หากมีการแก้ปัญหาเรื่องการระบายน้ำ จะเป็นดินที่มีความเหมาะสมดี
7. การเจริญเติบโต ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มได้ผลดีมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับในที่ตอน โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงในแปลงที่ตอนและแปลงที่ลุ่มได้ผลดีสูงกว่าแปลงที่ลุ่มได้ผลไม่ดี แต่ในยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า แม้ขนาดเส้นรอบวงและปริมาณเนื้อไม้ในแปลงที่ตอนและที่ลุ่มได้ผลดีจะใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงและเนื้อไม้ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของยางพาราในแปลงที่ตอนสูงกว่าแปลงที่ลุ่มชัดเจน
8. ผลผลิตและเนื้อยางแห้ง ผลผลิตน้ำยางสดต่อไร่ต่อครั้งกรีดในแปลงที่ตอนส่วนใหญ่สูงกว่าในแปลงที่ลุ่มได้ผลดีและไม่ดี เกือบตลอดปี สำหรับเนื้อยางแห้งในแปลงที่ตอนมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงที่ลุ่มตลอดทั้งปี
9. ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง ในแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ตอน ที่ลุ่มได้ผลดี และที่ลุ่มได้ผลไม่ดี ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ชูโครสในแปลงที่ตอนและที่ลุ่มได้ผลดี มีแนวโน้มต่ำกว่าในแปลงที่ได้ผลไม่ดี สำหรับในยางพาราหลังเปิดกรีด พบว่า ชูโครส อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และไทออลในแต่ละแปลงใกล้เคียงกันมาก แต่โพแทสเซียมและแมกนีเซียมในแปลงที่ตอนและที่ลุ่มได้ผลดีมีแนวโน้มสูงกว่าที่ลุ่มได้ผลไม่ดี และในยางหลังเปิดกรีดมีธาตุทั้งสองในน้ำยางสูงกว่าในยางก่อนเปิดกรีด
10. ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบ ในยางพาราก่อนเปิดกรีดในแปลงที่ตอนมีแนวโน้มว่า ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่าในที่ลุ่ม แต่กรณีของแมงกานีส พบว่า ในแปลงที่ลุ่มมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงที่ตอน สำหรับธาตุ

อาหารไนโบในยางพาราหลังเปิดกรีดในทุกสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นในทีลุ่มที่มีแมงกานีสสูงแต่มีสังกะสีต่ำ

11. ปริมาณราก รากยางพาราทั้งหมดในฤดูฝนมีมากกว่าในฤดูแล้ง โดยรากยางพาราในทีดอนมีมากที่ระดับ 15-30 แต่ในทีลุ่มมีมากที่ 0-15 เซนติเมตร
12. แมงกานีสไนโบและราก ความเข้มข้นของแมงกานีสไนโบยางพาราที่ปลูกในทีดอนมีแนวโน้มต่ำกว่าไนโบยางพาราในทีลุ่ม ในขณะที่ความเข้มข้นของแมงกานีสในรากกลับตรงกันข้าม
13. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของยางพาราในทีลุ่ม ระดับน้ำใต้ดิน ทำให้รากยางพาราในแปลงที่ลุ่มส่วนใหญ่กระจายอยู่ใกล้ผิวดิน ส่งผลให้มีพื้นที่ดูดธาตุอาหารได้น้อยกว่า นอกจากนั้น ยังอาจเกิดจากสภาพน้ำขังทำให้แมงกานีสละลายออกมาจนเป็นพิษกับยางพาราได้ ดังนั้น จึงควรศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของแมงกานีสต่อการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารและกิจกรรมต่างๆ ของยางพารา
14. การจัดการดินและธาตุอาหารยางพาราในทีลุ่มและทีดอน ดินทีลุ่มและทีดอนมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และอินทรีย์วัตถุในดินในทีลุ่มและทีดอนมีค่าใกล้เคียงกันและจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับระดับที่เหมาะสมกับยางพารา (10-25 กรัม/กิโลกรัม) ในขณะที่มีแมงกานีสสูง ดังนั้น การใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักอย่างเพียงพอจึงเป็นสิ่งจำเป็น และควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพราะทำให้ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและยังช่วยให้ลดการดูดแมงกานีสได้ โดยเฉพาะในทีลุ่มซึ่งแมงกานีสละลายออกมามาก นอกจากนั้น ต้องมีการปรับปรุงระบบการระบายน้ำในแปลงโดยการขุดคูรอบๆ แปลง ขุดคูระหว่างแถว
15. สถานะโพแทสเซียมในดิน ดินบนในทีดอนและในทีลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35 และ 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งจัดว่าต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (40-60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่กำหนดโดยสถาบันวิจัยยาง ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรอง ซึ่งจะค่อย ๆ เป็นประโยชน์ในดิน คือโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน พบว่า ดินในทีดอนมีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองต่ำกว่าดินในทีลุ่มมาก โดยมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินบนเท่ากับ 19 และ 35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมทั้งหมดในดินซึ่งส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่มี 1,865 และ 7,702 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินทีดอนและทีลุ่ม ตามลำดับ
16. สถานะโพแทสเซียมไนโบ โพแทสเซียมไนโบยางพาราที่ปลูกในทีดอนมีแนวโน้มต่ำกว่าในทีลุ่มเล็กน้อย ซึ่งพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดยมีค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมไนโบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในทีดอนและในทีลุ่มเท่ากับ

- 9.26 และ 10.34 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่า 12.65 และ 12.84 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แปลงปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (13.6-16.5 กรัม/กิโลกรัม) ซึ่งกำหนดโดยสถาบันวิจัยยาง
17. สถานะโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดยค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่า 38.12 และ 35.76 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่า 56.85 และ 59.36 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ
  18. ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน โพแทสเซียมในรูปสารละลายดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเตตมีความสัมพันธ์กันสูงทั้งดินในที่ดอนและดินในที่ลุ่ม แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมทั้ง 3 รูปดังกล่าวกับโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ซึ่งเป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมในดิน แต่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนตริกทั้งดินในที่ดอนและดินในที่ลุ่ม ดังนั้น สามารถใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนตริกทำนายความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินในที่ดอน ( $r^2 = 0.51$ ) และในที่ลุ่ม ( $r^2 = 0.70$ ) ได้
  19. ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในดินกับไนโบและไนน้ำยาง โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ส่วนใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบและไนเซรัมน้ำยางพารา ยกเว้น โพแทสเซียมที่ถูกตรึงที่ความลึกของดิน 0 - 30 เซนติเมตร มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ ( $r = 0.33$ ) และโพแทสเซียมที่ถูกตรึงที่ความลึกของดิน 30-60 เซนติเมตร มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ ( $r = 0.31$ ) และโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา ( $r = 0.33$ ) นอกจากนี้ โพแทสเซียมในใบและไนเซรัมน้ำยางพารามีความสัมพันธ์กัน ซึ่งพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีด ( $r = 0.40$ ) และหลังเปิดกรีด ( $r = 0.36$ ) ดังนั้น การวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำยางจึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดศักยภาพการดูดใช้ธาตุอาหารในดินได้เช่นเดียวกับค่าวิเคราะห์ใบ
  20. สมประสิทธิ์บีฟเฟอร์ของโพแทสเซียมในดิน ( $BC_K$ ) ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่าเฉลี่ย  $BC_K$  สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อละเอียด โดยมีค่าเฉลี่ย  $BC_K$  เท่ากับ 0.97, 0.92 และ 0.81 ตามลำดับ โดยหากค่า  $BC_K$  ใกล้เคียง 1 แสดงว่า ดินมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมต่ำ นั่นคือ โพแทสเซียมที่สกัดได้มีปริมาณใกล้เคียงกับโพแทสเซียมที่เติมลงไป

21. แนวทางการจัดการปุ๋ยโพแทชในดินที่ดอนและดินในที่ลุ่ม ดินปลูกยางพาราที่ใช้ศึกษาในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ ดังนั้น จึงควรใส่ปุ๋ยโพแทชให้มีโพแทสเซียมมากกว่าปริมาณที่สูญเสียออกไปจากดิน แม้ว่าดินมีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาชดเชยจากส่วนที่เป็นแหล่งสำรอง เมื่อใส่ปุ๋ยในดินที่ดอนซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ โพแทสเซียมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ แต่ในดินที่ลุ่มซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินละเอียดพบว่าโพแทสเซียมส่วนหนึ่งจะถูกตรึงไว้ ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในขณะนั้นลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมที่ถูกตรึงไว้จะค่อย ๆ เป็นประโยชน์และเป็นผลดีในแง่การรักษาโพแทสเซียมไว้ในดินไม่ให้สูญเสียออกโดยกระบวนการชะละลาย ดังนั้น ในดินเนื้อหยาบซึ่งมีความสามารถดูดซับโพแทสเซียมไว้ได้ต่ำจึงควรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรืออินทรีย์วัตถุรวมกับการใช้ปุ๋ยสูตรแนะนำ เพื่อให้ดินมีความสามารถในการดูดซับโพแทสเซียมไว้ได้ดีขึ้น ส่วนดินในที่ลุ่มที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำก็ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วยเช่นกัน เพื่อช่วยให้ดินมีความโปร่ง นอกจากนี้ กรดอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุก็จะช่วยให้แร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินได้เช่นกัน
22. ข้อเสนอแนะ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมหาพันธุ์ยางพาราที่สามารถปลดปล่อยกรดออกซาลิกออกมาได้สูง หรือการนำแบคทีเรีย *Bacillus mucilaginosus* มาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ เพื่อใช้ปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา โดยเฉพาะในดินเนื้อละเอียดซึ่งมีโพแทสเซียมทั้งหมดในดินสูง ควรมีการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้กลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในกลุ่มดินต่าง ๆ โดยเฉพาะในดินเนื้อละเอียดซึ่งมีโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่อยู่ในปริมาณสูง เพื่อวางแผนจัดการปุ๋ยโพแทชในดินปลูกยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมช่วงเวลาเหมาะสมในการเก็บน้ำยางพาราในรอบปีและมีเกณฑ์มาตรฐานสำหรับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา เพื่อใช้ประเมินสถานะธาตุอาหารร่วมกับผลการวิเคราะห์ดินและใบ

## เอกสารอ้างอิง

- กรมแผนที่ทหาร. 2540. แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตรฐานส่วน 1: 50000. กรุงเทพฯ : กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. สรุปประเภทการใช้ที่ดินประเทศไทย ปี พ. ศ. 2551/2552. Available: [http://olp101.idd.go.th/luse1/luse\\_product51-52.html](http://olp101.idd.go.th/luse1/luse_product51-52.html) (เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2555)
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2556. ข้อมูลสถิติอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสงขลา. ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. สืบค้นจาก : <http://www.songkhla.tmd.go.th/songkhla.html> [28 มิถุนายน 2556].
- กฤษฎา สังข์สิงห์. 2548. ประเมินปริมาณไม้ยางเพื่อกำหนดราคา. น.ส.พ. กสิกร 78 : 68-71.
- กองสำรวจดิน. 2516. แผนที่ดิน จังหวัดสงขลา. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เกษมศรี ชัยซ้อน. 2542. การปลดปล่อยปริมาณโพแทสเซียมในดินนาสภาพน้ำขัง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2542 หน้า 227-234.
- คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี. 2536. วิธีวิเคราะห์ดิน. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.
- คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์. 2550. คู่มือปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จรงค์ จันท์เจริญสุข. 2550. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- จำเป็น อ่อนทอง, สายใจ กัมสงวน และพิรุณ ตีระพัฒน์. 2549. ค่ามาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกอง. ว. วิทย.เกษตร. 37 : 257-268.
- จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2555. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จำเป็น อ่อนทอง, สุรชาติ เพชรแก้ว, สายใจ กัมสงวน และณรงค์ มะลี. 2550. ผลการใช้ปุ๋ยขาว ยิปซัม และโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารของต้นกล้า ลองกอง (Aglaië dookkoo Griff.) . ว. สงขลานครินทร์ วทท. 29 : 655-667.
- จำเป็น อ่อนทอง, สุรชาติ เพชรแก้ว, สายใจ กัมสงวน และณรงค์ มะลี. 2550. ผลการใช้ปุ๋ยขาว ยิปซัม และโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารของต้นกล้า ลองกอง. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 29 : 656-667.
- จำเป็น อ่อนทอง. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะ ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เจริญ เจริญจำรัสชีพ, กำชัย กาญจนชนเศรษฐ และเมธิน ศิริวงศ์. 2540. การจัดการดินกรดใน ประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.
- ชวลิต กอสัมพันธ์ และนริศ ยิ้มยิ้ม. 2548. ผลของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อความ เข้มข้นของธาตุอาหารในใบกาแฟอราบิก้าที่กำลังติดผล. วารสารเกษตร 21 : 27-35.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์, ชีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชีระพงศ์ จันทรมนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณภา เลี้ยววาริณ. 2544. ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลา นครินทร์ วทท. 23 : 649-659.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์, ชีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชีระพงศ์ จันทรมนิยม, ประกิจ ทองคำ และปราณี สุวรรณรัตน์. 2553. หลักสำคัญของจัดการสวนปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ. สงขลา : สถานีวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์ และวิเชียร จากุพจน์. 2539. การประเมินความอุดมสมบูรณ์และความต้องการ ธาตุอาหารของพืชอาหารสัตว์กระดูกถั่วในชุดดินคองหงส์. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 18 : 36-42.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์, ชีระพงศ์ จันทรมนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชีระ เอกสมทราเมษฐ์ และปราณี สุวรรณรัตน์. 2551. สภาพการทำสวนและการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมันของเกษตรกร จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ว. ดินและปุ๋ย 30 : 12-22.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์, วิเชียร จากุพจน์, วรรณภา เลี้ยววาริณ และสุภาณี ยงค์. 2538. สภาพความ อุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมังคุดบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 17 : 381-393.



- ชุมสินธุ์ ทองมิตร. 2553. กรณีตัวอย่างการปลูกยางในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม. นสพ. เกษการเกษตร 34 : 135-138.
- ดารากร อัครชาติศรี, อัญชลี สุทธิประการ และเอิบ เขียวรีนรมย์. 2553. แหล่งของโพแทสเซียม สำหรับพืชของดินดอนที่มีพัฒนาการสูงภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนของประเทศไทย. ว. วิทย.เกษตร. 41 : 111-120.
- ถวิล ครุฑกุล. 2530. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทิมทอง ดรณสนธยา, อัญชลี สุทธิประการ, เอิบ เขียวรีนรมย์ และโรเบิร์ต เจ จิลล์. 2552. รูปของโพแทสเซียมในออกซิซอลส์และอัลทิสซอลส์ที่ดอนของประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35 ณ The Tide Resort (หาดบางแสน) ชลบุรี วันที่ 15-17 ตุลาคม 2552 หน้า 1-5.
- นภาพรรณ เลขาวิวัฒน์, รัชณี รัตนวงศ์ และอนุสรณ์ แรมลี. 2544. การศึกษาชีวเคมีของยางพันธุ์แลกเปลี่ยนระหว่างประเทศในเขตภูมิอากาศที่ 1. รายงานการวิจัยยางพาราประจำปี พ.ศ. 2544 หน้า 135-154. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นลินี จาริกภากร, สุรพล จันทร์เรือง และสำราญ สระอุโน. 2549. รายงานผลการปฏิบัติงานการติดตามปัญหาการปลูกยางพาราในนาข้าว จังหวัดพัทลุงและจังหวัดสงขลา. สงขลา : สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 จังหวัดสงขลา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นวลศรี กาญจนกุล, สุวรรณีย์ ภูธรราช และขนิษฐศรี ชู่นตระกูล. 2543. ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- นันทรัตน์ สุภกานี. 2544. โครงการวิจัยธาตุอาหารส้ม. กลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน ณ เค.ยู.โฮม 18-19 สิงหาคม 2544 หน้า 62-66.
- นุจรี บุญแปลง, นารี พันธุ์จันทารวรรณ และพรทิวา กัญยวงค์หา. 2554. ธาตุอาหารไนโบและผลมะม่วงจากแหล่งปลูกต่างๆ ในประเทศไทย. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 46-47.
- นุชนารถ กังพิศดาร และประสาท เกศวพิทักษ์. 2547. การจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตยางพารา. ว. ดินและปุ๋ย 26 : 169-189.
- นุชนารถ กังพิศดาร, ปุชิตา เปรมกระสิน และชานาญ บุญเลิศ. 2551. การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตยางให้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ตามค่าวิเคราะห์ดิน. ใน รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2551 หน้า 114-128. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

- นุชนารถ กังพิศดาร, ปุชิตา เปรมกระสิน และชำนาญ บุญเลิศ. 2551. การจัดการธาตุอาหารพืช เพื่อเพิ่มผลผลิตยางให้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ตามค่าวิเคราะห์ดิน. รายงานการวิจัย ยางพาราประจำปี พ.ศ. 2551 หน้า 114-128. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ เกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร, พิเชษฐ์ ไชยพานิชย์ และชำนาญ บุญเลิศ. 2541 ก. การใช้ระบบ FCC เพื่อศึกษาความเหมาะสมและจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกยางใน เขตภาคใต้ตอนล่าง. รายงานการวิจัยยางพาราประจำปี พ.ศ. 2541 หน้า 29-116. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร, ไวยวิทย์ บุรณธรรม, ชำนาญ บุญเลิศ และวีรพงศ์ ตันอภิรมย์. 2541 ข. การศึกษาระดับปุ๋ย N P และ Mg ที่เหมาะสมกับยางอ่อนในชุดดินคองหงส์ ในสวนยาง ปลูกแทนรอบสองที่มีการปลูกพืชร่วมยางบางชนิด. รายงานการวิจัยยางพาราประจำปี พ.ศ. 2541 หน้า 600-642. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร, สุภาพร บังแก้ว, กรรณิการ์ ชีรวัฒน์สุข, อุไร จันทระพาทิน, ศุภมิตร ลิ้มปิชัย, พิเชิต สฟโชค และนุชนาฏ ณ ระนอง. 2547. เอกสารวิชาการยางพารา. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร, โสภา โพธิ์วัถฒธรรม, เวท ไทยนุกูล และสมยศ สินธุรหัส. 2522. การศึกษาชนิดของแร่ดินเหนียวและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินปลูก ยางพารา. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2522 หน้า 161-162. กรุงเทพฯ : กองการยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2534. จุลธาตุอาหารสำหรับยางพารา. ว. ดินและปุ๋ย 13 : 195-200.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2542. การประเมินระดับธาตุอาหารพืชเพื่อแนะนำการใช้ปุ๋ยกับยางพารา. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2543. เอกสารวิชาการปุ๋ยยางพารา. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2548. การจัดการสวนยางพาราบนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม. ว. กสิกร 76 : 44-48.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2550 ก. การใช้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินในสวนยาง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2550 ข. การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับยางพาราหลังเปิดกรีตตามค่า วิเคราะห์ดิน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2552. การจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืน : ดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

- นุชนารถ กังพิศดาร. 2552. การจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืน : ดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช.  
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2554. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยยางพารา ปี 2554. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัย  
ยาง กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2555. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยยางพารา ปี 2554. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง  
กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ กังพิศดาร, ลิขิต นวลศรี, ยุกต ลิ้มจิตติ, ชำนาญ บุญเลิศ, วีรพงศ์ ตันอภิรมย์ และ  
ไววิทย์ บุรณธรรม. 2537. การตอบสนองของยางหลังเปิดกรีตต่อปุ๋ย N P K และ Mg  
ในดินชุดคอกหงส์. ใน รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2537 หน้า 127-162. กรุงเทพฯ :  
สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2553. สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เรือน  
แก้วการพิมพ์.
- ประกาศรี จงประดิษฐ์นันท์, พัชรินทร์ นามวงษ์, สมพร เจริญรุ่งเรือง และสมภาพ จงรวยทรัพย์.  
2549. การสูญเสียธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกสับปะรด. ว. อนุรักษ์  
ดินและน้ำ 21 : 41-52.
- ปราโมทย์ ทิมขำ, สมศักดิ์ มณีพงศ์, มนต์รี อิศรไกรศีล และกฤษดา สังข์สิงห์. การประเมิน  
สถานะธาตุอาหารโดยวิธี Omission trial เพื่อการจัดการดินปลูกยางพารา. ใน:  
บทคัดย่อเอกสารประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยแม่โจ้  
เชียงใหม่ 11-13 พฤษภาคม 2554. หน้า 36-37.
- ปราโมทย์ สุวรรณมงคล และสมเจตน์ ประทุมมินทร์. 2530. การปลูกยางพาราในดินที่ระบายน้ำ  
เร็ว. ว. ยางพารา 8 : 18-30.
- ปราโมทย์ สุวรรณมงคล, สมเจตน์ ประทุมมินทร์ และประเทือง ดลกิจ. 2527. สภาพแวดล้อมที่  
เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา. ว. ยางพารา 5 : 144-156.
- ปัทมา วิตยากร. 2547. ความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นสูง. ขอนแก่น : ภาควิชาทรัพยากรที่ดิน  
และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เพียวว์ รมรินทร์สุขารมย์, รัชณี รัตนวงศ์, นภาพรณ เลขะวิวัฒน์, กรรณิการ์ ธีระวัฒน์สุข, บุตรี  
พุทธรักษ์ และสมบัติ ฟิงกุล. 2546. การใช้เทคนิคทางชีวเคมีระบุคุณสมบัติพื้นที่ยาง.  
รายงานการวิจัยยางพาราประจำปี พ.ศ. 2546 หน้า 95-119. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัย  
ยาง กรมวิชาการเกษตร.
- พัชรี ธีรจินดาขจร. 2552. คู่มือวิเคราะห์ดินทางเคมี. ขอนแก่น : ภาควิชาพืชศาสตร์และ  
ทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. เคมีดิน. เชียงใหม่ : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- ภาวินี จันทรวิจิตร, ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และนันทรัตน์ ศุภก่าเนต. 2551. การใช้ความสมดุลธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้ง : 2. การประเมินตำแหน่งใบส้มที่เหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. วารสารเกษตร 24 : 117-124.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2547. หลักการใช้ปุ๋ยกับยางพาราและปาล์มน้ำมัน. ว. ดินและปุ๋ย 26 : 149-168.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ระวี เจียรวิภา และอิบรอเฮม ยีดำ. 2553. การเจริญและผลผลิตยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) ในพื้นที่นาร้างและพื้นที่ดอน. ว. วิชาการเกษตร 28 : 58-74.
- ราตรี ภารา. 2553. ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความหนาแน่นของราก ความลาดชันและลักษณะสมบัติบางประการของดิน บริเวณพื้นที่สวนยางพารา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลิขิต นวลศรี, สมศักดิ์ พุกพิบูล, นุชนารถ กังพิศดาร, โสภา โพธิ์วัตธุธรรม, ยุกต ลิ้มจิตติ, ชำนาญ บุญเลิศ, จรูญ อ่อนแก้ว และสุภาพร บัวแก้ว. 2534. ปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตยางพารา. รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2534. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. [Online] Available form <http://it.doa.go.th/rrit/web/index.php?p=p3&id=449>. [Accessed June 10, 2011].
- วารุณี อติศักดิ์กุล และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. ผลของตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำยางสดต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 3 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-27 เมษายน 2556 หน้า 14.
- วุฒิชชาติ ศิริช่วยชู. 2550. ฐานข้อมูลดินภาคใต้เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ : สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- เวท ไทยนุกูล และโสภา โพธิ์วัตธุธรรม. 2528. การใช้ปุ๋ยยางพาราหลังเปิดกรีด. ว. ยางพารา 6 : 129 -141.
- เวท ไทยนุกูล และนุชนารถ กังพิศดาร. 2524. ธาตุอาหารสำหรับยางพารา. ว. ยางพารา 2 : 40-46.
- เวท ไทยนุกูล และสมยศ สิ้นธุระหัส. 2523. ลักษณะดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา. ว. ยางพารา 1 : 30-35.
- ศานิต สวัสดิ์กาญจน์ และวิษณุ ทรัพย์กร. 2554. ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา. ว. วิทย. กษ. (พิเศษ) 42 : 197-200.
- สถาบันวิจัยยาง. 2549. เอกสารแนะนำพันธุ์ยางสถาบันวิจัยยาง 251. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

- สถาบันวิจัยยาง. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550. กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- สถาบันวิจัยยาง. 2553. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553. กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- สถาบันวิจัยยาง. 2554. คำแนะนำพันธุ์ยาง ปี 2554. กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- สถาบันวิจัยยาง. 2555. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2555. กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- สมยศ สินธุระหัส, อุดร เจริญแสง, สุทัศน์ ด้านสกุลผล และพิเชษฐ ไชยพานิชย์. 2536. ความสัมพันธ์ธาตุอาหาร K, Ca, Mg ในดินและใบยาง เพื่อแนะนำการใช้ปุ๋ยยาง. ใน รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2536 หน้า 80-85. กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. การวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2551. การสำรวจธาตุอาหารเพื่อจัดทำคำแนะนำมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืชสำหรับส้มโอ. ว. วิทย.เกษตร. 40 : 198-201.
- สายใจ สุชาติกุล. 2554. การจัดทำค่ามาตรฐานเพื่อการวินิจฉัยสถานะธาตุอาหารในดินและใบสำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีด. วิทยานพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- สาริศา ศิริชมจันทร์. 2552. การปรับปรุงวิธีการประเมินความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินสเมกไทต์ที่ปลูกข้าวโพด. วิทยานพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555 ก. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2555. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555 ข. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1. กรุงเทพฯ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.

- สิทธิชัย บุญมณี, จำเป็น อ่อนทอง และขวัญตา ขาวมี. 2556 ก. เปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินและปุ๋ยผสมสูตร 20-8-20 ในยางพาราก่อนเปิดกรีต. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 31 : 53-62.
- สิทธิชัย บุญมณี, จำเป็น อ่อนทอง และขวัญตา ขาวมี. 2556 ข. ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจากต้นยางพาราก่อนเปิดกรีตที่ใส่ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินและปุ๋ยเชิงผสมสูตร 20-8-20. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 3 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-27 เมษายน 2556 หน้า 45-53กรุงเทพฯ .
- สุจินต์ แม้นเหมือน, อารักษ์ จันทูมา และกรรณิการ์ ชีวีวัฒนสุข. 2536. การเจริญเติบโตของยางพาราในท้องที่แห้งแล้ง. ว. ยางพารา 13 : 12-30.
- สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาล และจินตนา บางจัน. 2549. ปริมาณธาตุอาหารหลักในต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600. ว. วิทย. กษ. 37 : 353-364.
- สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์, ภิญโญ มีเดช, สุรกิตติ ศรีกุล และชาย โฆรวิส. 2540. ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างธาตุโพแทสเซียมและธาตุแมกนีเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอราซึ่งปลูกในดินร่วนปนทราย. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540. สุราษฎร์ธานี : ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. [Online] Available from <http://it.doa.go.th/palm/performance1.htm>. [Accessed October 30, 2010].
- สุมิตรา กุ้วโรตม. 2544. การจัดการธาตุอาหารสำหรับทุเรียน. กลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน ณ เค.ยู.โฮม 18-19 สิงหาคม 2544 หน้า 62-66.
- สุมิตรา กุ้วโรตม และวิเชียร จาภูพจน์. 2546. การใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียน. ว. วิทย.กษ. 34 : 51-58.
- สุมิตรา กุ้วโรตม, พรทิวา กัญยวงศ์หา, นุจรี บุญแปลง และชัยวัฒน์ มครเทศ. 2547. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการการวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยมังคุด. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สุเมธ ลิ้มมณีธร, สายัณห์ สดุดี และอิมรอกเฮม ยีดำ. 2550. ผลของการให้น้ำต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตน้ำยางของยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ในช่วงฤดูแล้ง. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 29 : 601-613.
- สุรชาติ เพชรแก้ว, จำเป็น อ่อนทอง, เบญจพร ชاعرานนท์ และณรงค์ มะลี. 2547. สมบัติของดินปลูกลองกองภาคใต้ของประเทศไทย. ว. วิทย. กษ. 35 (พิเศษ) : 363-366.
- สุรเชษฐ์ อรามรักษ์. 2550. ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต-ดีทีพีเอ ในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- หทัยกานต์ นวลแก้ว, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, จุฑามาศ แก้วมโน และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. การใช้ปุ๋ยและแนวทางการจัดการดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอนในจังหวัดสงขลา. วารสาร..... (ตอบรับตีพิมพ์วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา)
- อภิรดี อิ่มเอิบ. 2534. ผลของการจัดการดินและพืชต่อการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากการชะล้างพังทลายของดินที่มีความลาดเทสูง. ว. อนุรักษ์ดินและน้ำ 7 : 5-15.
- อรชุนมา จงเจือกกลาง และธนู กองแก้ว. 2554. การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมเฉพาะพื้นที่สำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 48-49.
- อรุณศิริ กำลัง, ยงยุทธ ไอสถสภา, วิสุทธิ์ วีรสาร และจันทร์จรัส วีรสาร. 2546. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิเคราะห์ใบเพื่อกำหนดแนวทางในการประเมินระดับธาตุอาหารและการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมสำหรับลันจีที่ปลูกในเขตภาคกลางของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- อัญชลี สุทธิประการ. 2553. แร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินเขตร้อน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อัศจรรย์ สุขธำรง. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อการเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- อิมรอมเฮม ยี่ดำ และพิทยา ศิริสงคราม. 2534. รายงานผลงานวิจัยเรื่องการศึกษาความสำเร็จในการปลูกยางพาราในพื้นที่น้ำท่วมในฤดูฝน. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย: ลักษณะ การแจกกระจาย และการใช้. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2544. การสำรวจดิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2547. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2548. การสำรวจดิน: มโนทัศน์ หลักการและเทคนิค. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Aguilar, E. A., Santos, P. J. A. and Tamisin, L. L. 2008. Root characteristics of five local banana cultivars (*Musa* spp.) under waterlogged condition. *Philippine Journal of Crop Science* 33 : 14-23.
- Aramrak, S., Chanchareonsook, J., Suwannarat, C. and Sarobol, E. 2007. Assessment of multielement extractants for prediction of available potassium in Thai soils. *Kasetsart J. (Nat. Sci)* 41 : 461-466.
- Badr, M. A., Shafei, A. M. and Sharaf El-Deen, S. H. 2006. The dissolution of K and P bearing minerals by silicate dissolving bacteria and their effect on sorghum growth. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.* 2 : 5-11.
- Bedrossian, S. and Singh, B. 2004. Potassium adsorption characteristics and potassium form in some New South Wales soils in relation to early senescence in cotton. *Aust. J. Soil. Res.* 42 : 747-753.
- Benipal, D. S. and Pasricha, N. S. 2002. Nonexchangeable K release and supplying power of Indo-Gangetic alluvial soils. *Geoderma* 108 : 197-206.
- Blake, G. R. and Hartge, K. H. 1986. Bulk density. *In* *Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods.* (ed. A. Klute) pp. 363-375. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.
- Blavet, D., Mathe, E. and Leptrum, J. C. 2000. Relations between soil colour and waterlogging duration in a representative hillside of the West African granitogneissic bedrock. *Catena* 39 : 187-210.
- Brady, N.C. and Weil, R.R. 2008. *The Nature and Properties of Soils.* New Jersey : Pearson Education Inc.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C. and McDaniel, P. A. 2003. *Soil Genesis and Classification.* Iowa : Iowa State Press.
- Butzer, K. W. 1976. *Geomorphology from the Earth.* New York : Harper & Row Publishers, Inc.
- Chantuma, P., Thanisawanyangkura, S., Kasemsap, P., Gohet, E. and Thaler, P. 2006. Distribution patterns of latex sucrose content and concurrent metabolic activity at the trunk level with different tapping systems and in latex production bark of *Hevea brasiliensis*. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 40 : 634-642.
- Chun-man, C., Ru-song, W. and Ju-sheng, J. 2007. Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting *Hevea brasiliensis* in Kainan Island, China. *J. Environ. Sci.* 19 : 348-352.



- Cope, JR. J. T. 1981. Effects of 50 years of fertilization with phosphorus and potassium on soil test levels and yields at six location. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45 : 342-347.
- Costello, L. R., MacDonald, J. D. and Jacobs, K. A. 1991. Soil aeration on tree health: correlating soil oxygen measurements with the decline of established oaks. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. 126 : 295-299.
- Czepinska-Kaminska, D., Konecka-Betty, K. and Janowska, E. 2003. The dynamics of exchangeable cations in the environment of soils at Kampinoski National Park. *Chemosphere* 52: 581-584.
- d'Auzac, J. 1989. Tapping systems and area of the drained bark. *In Physiology of Rubber Tree Latex.* (eds. d'Auzac, J., Jacob, J.L. and Chrestin, H.) pp. 221-232. Boca Raton : CRC Press.
- d'Auzac, J. and Jacob, J. L. 1989. The composition of latex from *Hevea brasiliensis* as a laticiferous cytoplasm. *In Physiology of Rubber Tree Latex.* (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 57-96. Boca Raton : CRC Press.
- Darunsontaya, T. 2011. The Mineralogy of Upland Agricultural Soils Under Tropical Monsoonal Environment in Thailand. Ph.D. Dissertation. Kasetsart university.
- Darunsontaya, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I. and Gilkes, R. J. 2009. Forms of potassium in upland Oxisols and Ultisols in Thailand. 35<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand, The Tide Resort, Chonburi, 15-17 October 2009, pp. 1-5.
- Darunsontaya, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., Prakongkep, N. and Gilkes, R. J. 2012. The forms and availability to plants of soil potassium as related mineralogy for upland Oxisols and Ultisols from Thailand. *Geoderma* 170 : 11-24.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-size analysis. *In Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods.* (ed. A. Klute) pp. 383-409. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.
- George, S., Suresh, P. R., Wahid, P. A., Nair, R. B. and Punnoose, K. I. 2009. Active root distribution pattern of *Hevea brasiliensis* determined by radioassay of latex serum. *Agroforest Syst.* 76 : 275-281.
- George, S., Suresh, P.R., Wahid, P.A., Nair, R.B. and Punnoose, K.I. 2007. Active root distribution parttern of *Hevea brasiliensis* determined by radioassay of latex serum. *Agroforest Syst.* 76 : 275-281.

- Gerrard, J. 1992. Soil Geomorphology: An Integration of Pedology and Geomorphology. London : Chapman and Hall.
- Ghosh, B. N. and Singh, R. D. 2001. Potassium release characteristics of some soils of Uttar Pradesh hills varying in altitude and their relationship with forms of soil K and clay mineralogy. *Geoderma* 104 : 135-144.
- Hahn, C., Prasuhn, V., Stamm, C. and Schulin, R. 2012. Phosphorus losses in runoff from manured grassland of different soil P status at two rainfall intensities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 153 : 65-74.
- Han, H. S. and Lee, K. D. 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.* 2 : 176-180.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. and Nelson, W. L. 2005. Soil Fertility and Fertilizers : An Introduction to Nutrient Management. New Jersey : Pearson Prentice Hall.
- Helmke, P.A. and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. *In* Method of Soil Analysis. (ed. Page, A.L.) pp 551-572. Madison : Soil Science Society of America.
- Hosseini-fard, S. J., Khademi, H. and Kalbasi, M. 2010. Different forms of soil potassium as affected by the age of pistachio (*Pistacia vera* L.) trees in Rafsanjan, Iran. *Geoderma* 155 : 289-297.
- Iqbal, S. M. M. and Yogaratnam, N. 1995. Effect of potassium on growth yield and mineral composition of young *Hevea brasiliensis*. *Jl. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka* 75 : 13-30.
- Ismail, M. R. and Noor, K. M. 1996. Growth and physiological processes of young starfruit (*Averrhoa carambola* L.) plants under soil flooding. *Scientia Horticulturae* 65 : 229-238.
- Jacob, J. L., Prevot, J. C. and Kekwick, R. G. O. 1989. General metabolism of *Hevea brasiliensis* latex (with the exception of isoprenic anabolism). *In* Physiology of Rubber Tree Latex. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 101-144. Boca Raton : CRC Press.
- Jacob, J., Auzac, J. and Chrestin, H. 2000. Physiology of Rubber Tree Latex. Florida : CRC Press.

- Jacob, J.L., Prevot, J.C. and Kekwick, R.G.O. 1989. General metabolism of *Hevea brasiliensis* latex (with the exception of isoprenic anabolism). *In* Physiology of Rubber Tree Latex. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J.L. and Chrestin, H.) pp. 101-144. Boca Raton : CRC Press.
- Jeganathan, M. 1990. Studies on potassium magnesium interaction in coconut (*Cocos nucifera*). *Cocos* 8 : 1-12.
- Jenkinson, B. J. and Franzmeier, D. P. 2006. Development and evaluation of iron-coated tubes that indicate reduction in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 70 : 183-191.
- Jenny, H. 1980. *The Soil Resource: Origin and Behavior*. New York : Springer-Verlag.
- Joseph, M., Nair, R. B., Mathew, M. and Punnoose, K. I. 1998. Potassium nutrition of mature rubber. *Indian journal of natural rubber research* 11 : 58-66.
- Kanket, W., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I. and Gilkes, R. J. 2005. Chemical and crystallographic properties of kaolin from Ultisols in Thailand. *Clay and Clay Minerals* 53 : 478-489.
- Karthikakuttyama, M., Joseph, M. and Nair, A. N. S. 2000. Soil and nutrition. *In* Natural Rubber Agromanagement and Crop Processing. (eds. George, P. J. and Jacob, C. K.), pp. 170-198. Cochin : Anaswara Printing and Pubishing Company.
- Karthikakuttyama, M., Suresh, P. R., George, V. P. and Aiyer, R. S. 1998. Effect of continuous cultivation of rubber (*Hevea brasiliensis*) on morphological features and organic carbon, total nitrogen, phosphorous and potassium content of soil. *Indian journal of natural rubber research* 11 : 73-79.
- Karthikakuttyamma, M., Joseph, M. and Sasidharan, N. 2000. Soil and nutrition. *In* Natural Rubber : Agromanagement and Crop Processing. (ed. George, P.J. and Jacob, C.K.) pp. 170-198. Kottayam : Rubber Research Institute of India.
- Kheoruenromne, I., Suddhiprakarn, A. and Watana, S. 2000. Properties and agricultural potential of skeletal soils in southern Thailand. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 34 : 52-63.
- Klute, A. and Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 687-732. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.
- Mak, S., Chinsathit, S., Pookpakdi, A. and Kasemsap, P. 2008. The effect of fertilizer on yield and quality of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in Chanthaburi province of Thailand. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 42 : 226-237.
- Marschner, H. 1995. *Mineral of Nutrition of Higher Plants*. San Diego : Academic Press.

- Navarrete, I., Asio, V. B., Jahn, R. and Tsutsuki, K. 2007. Characteristics and genesis of two strongly weathered soils in Samar, Philippines. *Australian Journal of Soil Research* 45 : 153-163.
- Ngwe, K., Kheoruenromne, I. and Suddhiprakarn, S. 2012. Potassium status and physicochemical and mineralogical properties of lowland Vertisols in a rice-based cropping system under tropical savanna climate. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 46 : 522-537.
- Nilawonk, W., Attanandana, T., Phonphoem, A., Yost, R. and Shuai, X. 2008. Potassium release in representative maize producing soils of Thailand. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72 : 791-797.
- Olk, D.C. and Cassman, K.G. 1993. *Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*. Leuven : A Wiley–Sayce Co–Publication.
- Onthong, J. and Osaki, M. 2006. Adaptations of tropical plants to acid soils. *Tropics* 15 : 337-347.
- Osher, L. J. and Buol, S. W. 1998. Relationship of soil properties to parent material and landscape position in Eastern Madre de Dios, Peru. *Geoderma* 83 : 143-166.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. and McMahon, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11 : 1633-1644.
- Phetchawee, S., Kanareugsa, C., Sittibusaya, C. and Khunathai, H. 1985. Potassium availability in the soil of Thailand. *Proceeding of the 19<sup>th</sup> Colloquium of the International Potash Institute held in Bangkok Thailand* pp. 167-184.
- Prakongkep, N. 2008. *Comparative Mineralogy and Chemistry of Lowland Soils in Thailand*. Ph.D. Dissertation. Kasetsart university.
- Prasad, R. and Power, J. F. 1997. *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture*. Florida : CRC Press LLC.
- Samadi, A., Dovlati, B. and Barin, M. 2008. Effect of continuous cropping on potassium forms and potassium adsorption characteristics in calcareous soils of Iran. *Aust. J. Soil Res.* 46 : 265-272.
- Samarappuli, L., Yogaratnam, N., Karunadasa, P. and Mitrasen, U. 1999. Root development in *Hevea brasiliensis* in relation to management practices. *Jl. Rubb. Res. Inst. of Sri Lanka* 77 : 93-111.
- Sanchez, P.A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropic*. New York : John Wiley and Sons, Inc.

- Schaetzl, R. and Anderson, S. 2005. Soils Genesis and Geomorphology. Cambridge : Cambridge University Press.
- Sethuraj, M.R. 1992. Yield Component in *Hevea Brasiliensis*. In Natural Rubber: Biology, Cultivation and Technology (eds. Sethuraj, M.R. and Mathew, N.M.) pp. 137-163. Amsterdam : Elsevier.
- Sharma, A., Jalali, V. K. and Arora, S. 2010. Non-exchangeable potassium release and its remove in foot-hill soils of north-west Himalayas. *Catena* 82 : 112-117.
- Shi, Q., Zhua, Z., Xu, M., Qian., Q. and Yu, J. 2006. Effect of excess manganese on the antioxidant system in *Cucumis sativus* L. under two light intensities. *Environ. Exper. Bot.* 58 : 197–205.
- Shorrocks, V.M. 1964. Mineral Deficiencies in *Hevea* and Associated Cover Plants. Kuala Lumpur : Rubber Research Institute.
- Silpi, U., Chantuma, P., Kasamesap, P., Thaler, P., Thanisawanyangkura, S., Lacointe, A., Ameglio, T. and Gohet, E. 2006. Sucrose and metabolism distribution patterns in the latices of three *Hevea brasiliensis* clones : Effects of tapping and stimulation on the tree trunk. *J. Rubb. Res.* 9 : 115-131.
- Singh, M., Singh, V. P. and Reddy, D.D. 2002. Potassium balance and release kinetics under continuous rice-wheat cropping system in Vertisol. *Field Crop Res.* 77 : 81-91.
- Smith, K. D., May, P. B. and Moore, G. M. 2001. The influence of waterlogging on the establishment of four Australian landscape trees. *Journal of Arboriculture* 27 : 49-56.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. Washington, D.C. : United States Department of Agriculture.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. Washington D.C. : United States Department of Agriculture.
- Sparks, D.L. 2003. Environmental Soil Chemistry. London : Academic Press. Inc.
- Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soils. New York : Oxford University Press.
- Taiwo, A. A., Adetunji, M. T., Azeez, J. O. and Bamgbose, T. 2010. Potassium supplying capacity of some tropical alfisols in southwest Nigeria as measured by intensity, quantity and capacity factors. *Nutr. Cycl. Agroecosyst* 86 : 341-355.

- Thanachit, S., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I. and Gilkes, R. J. 2006. The geochemistry of soils on catena on basalt at Khon Buri, northeast Thailand. *Geoderma* 135 : 81-96.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. and Havlin, J.L. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers*. 5<sup>th</sup> ed. New York : MacMillan Publishing Company.
- Trakoonyingcharoen, P., Kheoruenromne, I., Suddhiprakarn, A. and Gilkes, R. J. 2005. Phosphate sorption by Thai red Oxisols and red Ultisols. *Soil Science* 170 : 716-725.
- Troeh, R.T. and Thompson, L.M. 2005. *Soils and Soil Fertility*. Sixth Edition. Iowa : Blackwell Publishing.
- Ulaganathan, A., Gilkes, R. J., Jessy, M. D., Ambily, K. K. and Nair, N. U. 2012. Distribution of potassium forms in soils under repeated rubber cultivation and virgin forest. International Rubber Conference, Kovalam, Kerala, India, 28-31 October 2012, pp. 141-142.
- Van Wambeke, A. 1992. *Soils of the Tropics: Properties and Appraisal*. New York : McGraw-Hill, Inc.
- Venkatesan, S., Hemalatha, K.V. and Jayaganesh, S. 2007. Characterization of manganese toxicity and its influence on nutrient uptake, antioxidant enzymes and biochemical parameters in tea. *Phytochemistry* 1 : 52-60.
- Vinod, K.K., Pothen, J., Chaudhuri, D., Priyadarshan, P.M., Eappen, T., Varghese, M., Mandal, D., Sharma, A.C., Pal, T.K., Devakumar, A.S. and Krishnakumar, A.S. 2000. Variation and trend of yield and related traits of *Hevea Brasiliensis* Müll. Arg. in Tripura. *Indian Journal of Natural Rubber Research* 13 : 69-78.
- Wang, J. G., Zhang, F. S., Cao, Y. P. and Zhang, X. L. 2000. Effect of plant types on release of mineral potassium from gneiss. *Nutr. Cycl. Agroecosyst* 56 : 37-44.
- Wang, J. J., Harrell, D. L. and Bell, P. F. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68 : 654-661.
- Waston, G. A. 1989. Nutrition. In *Rubber*. (eds. Webster, C. C. and Baukwill, W. J.), pp. 291-348. New York : John Wiley & Sons.
- Watana, S., Kheoruenromne, I., Suddhiprakarn, A. and Gilkes, R. J. 2005. Properties of Aquic plinthite formed under a tropical monsoonal climate in Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science* 38 : 1-26.

- Yawson, D. O., Kwakre, P. K., Armah, F. A. and Frimpong, K. A. 2011. The dynamics of potassium (K) in representative soil series of Ghana. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 6 : 48-55.
- Yin, X. and Vyn, T. J. 2004. Residual effects of potassium placement for conservation-till corn on subsequent no-till soybean. *Soil & Tillage Research* 75 : 151-159.
- Yogaratnam, N. 2000. Rubber land suitability evaluation. *Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka* 41 : 33-38.
- Yogaratnam, N., De Mel, J. G. 1985. Effect of fertilizers on leaf composition of N P K in some *Hevea* cultivars. *J. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka* 63 : 15-24.
- Yogaratnam, N., Weerasuriya, S. M. 1984. Fertilizer responses in mature *Hevea* under Sri Lankan condition. *J. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka* 62 : 19-39.
- Zhang, H. C., Cao, Z. H., Shen, Q. R. and Wong, M. H. 2003. Effect of phosphate fertilizer application on phosphorus (P) losses from paddy soils in Taihu Lake Region, I. Effect of phosphate fertilizer rate on P losses from paddy soil. *Chemosphere* 50 : 695-701.
- Zhang, H., Gan, Y., Huang, G., Zhao, W. and Li, F. 2009. Postharvest residual soil nutrients and yield of spring wheat under water deficit in arid northwest China. *Agricultural Water Management* 96 : 1045-1051.
- Zhong, B.Y., Jiang, F.Y., Mu, Y.X. and Zhen, M.Y. 2009. Interaction between aluminum toxicity and manganese toxicity in soybean (*Glycine max*). *Plant soil* 313 : 277-289.