บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเป็นสิ่งที่เกิดจากการสลายตัวของเศษพืชและสารอินทรีย์อื่น ๆ โดยการกระทำของแบคทีเรียและเชื้อรา (Mariakulanda and Manickam, 1975) จีนใช้ปุ๋ยหมักอย่างแพร่หลายมาก่อนประเทศอื่น ๆ โดยใช้เศษพืช ปุ๋ยคอก และสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์ คลุกเคล้าเข้าด้วยกัน แล้วกองหมักไว้โดยใช้ดินคลุมไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นแล้วใช้ลำไม้ไผ่เสียบกองปุ๋ยหมักไว้เพื่อให้อากาศเข้าไปในกองปุ๋ยหมักได้สะดวก (Brady, 1984)

วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก พอจะจำแนกออกได้ ดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2524)

(1) เศษพืช เช่น ฟางข้าว เปลือกถั่ว ต้นถั่ว ต้นข้าวโพด เศษหญ้า เป็นต้น

(2) วัสดุทางการเกษตรที่เหลือทิ้งจากโรงงาน เช่น กากอ้อย กากสับปะรด ขี้เลื่อย แกลบ ชุยมะพร้าว กากมันสำปะหลัง เป็นต้น

(3) เศษขยะมูลฝอยจากครัวเรือน

(4) มูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ

(5) ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยไนโตรเจน

(6) เชื้อจุลินทรีย์บางชนิด ที่สามารถย่อยเศษพืชให้สลายตัวได้อย่างรวดเร็ว

การทำปุ๋ยหมัก มีวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2524)

(1) การกองแบบใช้เศษพืชอย่างเดียว การกองแบบนี้เนื่องจากมีเศษพืชเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีสารตัวเร่ง เช่น มูลสัตว์ อุจจาระ หรือสารเคมีอื่น ๆ มาผสม ให้นำเศษพืชที่หาได้มากอง จะเป็นพื้นดินธรรมดา พื้นซีเมนต์ ในหลุมดิน หรือหลุมซีเมนต์ก็ได้ ขนาดของกองควรให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 2-3 เมตร ความยาวตามที่ต้องการ เอาเศษพืชมากองแล้วขึ้นย่ำให้แน่น ขณะเดียวกันก็รดน้ำให้ชุ่ม เมื่อกองสูง 1-1.5 เมตร แล้วก็ใช้ดินทับข้างบนหนาประมาณ 1 นิ้ว

(2) การกองแบบใช้เศษพืชผสมตัวเร่งประเภทมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ อุจจาระ ปุ๋ยอินทรีย์ และดิน การกองแบบนี้ให้กองเป็นชั้น ๆ แต่ให้ใช้อัตราส่วนระหว่างเศษพืช และมูลสัตว์ 10:1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยน้ำหนัก รดน้ำให้ชุ่ม เหยียบให้แน่นแล้วจึงใส่ตัวเร่งลงบนชั้นบน หลังจากเสร็จในชั้นที่ 1 ทำต่อไปในชั้นที่ 2, 3 และ 4 โดยให้ความสูงของกองประมาณ 1-1.5 เมตร ชั้นบนสุดใส่ดินทับให้หนาประมาณ 1 นิ้ว

(3) การกองแบบใช้เศษพืช ผสมตัวเร่งที่เป็นมูลสัตว์ อุจจาระ หรือดิน และผสมสารเร่งประเภทสารเคมี การกองแบบนี้ให้ดำเนินการเหมือนแบบที่ 2 แต่ใช้สารเคมีโรยลงไปบนมูลสัตว์ หรืออุจจาระ หรือดิน ให้มีอัตราส่วน เศษพืช:มูลสัตว์:สารเคมี เท่ากับ 100:10:1 โดยน้ำหนักทุกชั้น ส่วนชั้นบนสุดให้ใส่ดินทับให้หนาประมาณ 1 นิ้ว

การใช้ปุ๋ยหมักโดยทั่วไปการปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชไร่นาข้าวและพืชผัก อัตราที่แนะนำให้ใช้คือ 2-5 ตัน./ไร่/ปี โดยหว่านให้ทั่วแปลงแล้วไถกลบลงไปอีกที ทิ้งไว้ประมาณ 15 - 30 วันจึงปลูกพืช ถ้าต้องการให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นควรใส่ปุ๋ยเคมีลงไปด้วย สำหรับดินนาในภาคเหนือควรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0, 20-20-0 หรือปุ๋ยที่มีปริมาณธาตุอาหารใกล้เคียงกันในอัตรา 15-30 ก.ก./ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2525)

ความสำคัญของปุ๋ยหมัก

1.1 **ควบคุมสมบัติทางกายภาพของดิน**

1.1.1 เม็ดดิน เสถียรภาพของเม็ดดิน และโครงสร้างของดิน

เป็นที่ยอมรับกันมานานแล้วว่าอินทรียวัตถุทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมทำให้เกิดเม็ดดิน (Baver, 1966) ในการศึกษาผลของอินทรียวัตถุในระดับต่าง ๆ ที่ใส่ลงไปในดินต่อระดับการเกิดของเม็ดดิน Roast และ Rowles (1940) พบว่า การเกิดเม็ดดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปริมาณฮิวมัสในดินเพิ่มขึ้น ผลของอินทรียวัตถุต่อการเกิดเม็ดดินผันแปรไปตามสภาพของดิน โดยที่อินทรียวัตถุจะมีผลต่อการเกิดเม็ดดินมากขึ้นเมื่อดินมีอินทรียวัตถุต่ำและมีเม็ดดินน้อย Browning และ Milan (1944) รายงานว่า อินทรียวัตถุที่สลายตัวได้ง่ายจะมีผลต่อการเกิดเม็ดดินได้มากในระยะเวลาสั้น ส่วนอินทรียวัตถุที่สลายตัวช้าจะต้องใช้ระยะเวลานานกว่า คุณภาพและระดับการสลายตัวของอินทรียวัตถุก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดและเสถียรภาพของเม็ดดิน (Wisniewski et al., 1958) การเกิดเสถียรภาพของเม็ดดินจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงจากอินทรียวัตถุไปเป็นฮิวมัส (Mazurak et al., 1977) ในบรรดาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อเสถียรภาพของเม็ดดินนั้นการสะสมของอินทรียวัตถุในดินเป็นเวลาหลาย ๆ ปี ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ (Chang

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

et al., 1963) การใส่ปุ๋ยคอกลงไปในดินจะช่วยเพิ่มขนาดของเม็ดดินที่เสถียร (Guttay et al., 1956) เม็ดดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-10 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช (Tisdall and Oades, 1982) อินทรียวัตถุในดินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของดินบนซึ่งมีผลต่อโครงสร้างของดิน (Leeheer and Moe, 1969) การใส่ปุ๋ยคอกลงไปในดินช่วยทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น (Williams and Cooke, 1961) การสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียโครงสร้างของดิน (Chaney and Swift, 1984 ; Kemper an Koch, 1966) ดินที่มีโครงสร้างของดินดีทำให้สภาพทางกายภาพของดินดีเหมาะต่อการหยั่งลึกของรากและการเจริญเติบโตของพืชโดยทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีและการถ่ายเทอากาศในดินดีขึ้น (Im, 1982) ผลกระทบของอินทรียวัตถุต่อสมบัติทางกายภาพของดินส่วนใหญ่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเกิดและเสถียรภาพของเม็ดดิน (Allison, 1973)

1.1.2 ความหนาแน่นรวม และความพรุนทั้งหมดของดิน

ดินที่มีสัดส่วนระหว่างช่องว่างในดินกับอนุภาคของดินสูงจะมีความหนาแน่นรวมต่ำ ดินที่มีเนื้อละเอียด เช่น ดินร่วน ดินร่วนเหนียว และดินเหนียว โดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อดินเหล่านี้มีอินทรียวัตถุอยู่มาก ระบบการปลูกพืชและการจัดการดินมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นรวมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นดินบน การใส่เศษพืชและปุ๋ยคอกลงไปในดินในปริมาณสูงมีแนวโน้มที่จะทำให้ความหนาแน่นรวมลดลง (Brady, 1984) ความพรุนทั้งหมดของดินหมายถึงช่องว่างในดินซึ่งเป็นที่อยู่ของน้ำและอากาศ ดินเนื้อหยาบเช่นดินทรายหรือดินที่ถูกอัดแน่นจะมีความพรุนทั้งหมดต่ำ ถ้าดินมีการจัดเรียงตัวของเม็ดดินดี เช่น ดินที่มีเนื้อปานกลางและมีอินทรียวัตถุสูงความพรุนทั้งหมดก็จะสูง ในชั้นดินบนของดินทรายความพรุนทั้งหมดอยู่ในช่วง 35-50% ในขณะที่ดินบนของดินเนื้อปานกลางและดินเนื้อละเอียดจะมีค่าความพรุนทั้งหมด 40-60% และถ้ามีอินทรียวัตถุอยู่สูงก็จะมีค่าความพรุนทั้งหมดสูงกว่านี้ (Brady, 1984) อินทรียวัตถุมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นรวมและความพรุนทั้งหมด (Davies, 1975) การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินจะทำให้ความพรุนทั้งหมดของดินเพิ่มขึ้นและความหนาแน่นรวมลดลง (Hamblin and Davies, 1977) ความหนาแน่นรวมจะลดลงเมื่อการใช้ปุ๋ยคอกเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากเม็ดดินได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น (Unger and Stewart, 1974) อากาศในดินและการถ่ายเทอากาศในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของรากพืชและขบวนการทางชีวภาพในดิน การใส่ปุ๋ยคอกไปในดินเหนียวจะช่วยทำให้ความพรุนทั้งหมดและความจุอากาศของดินเพิ่มขึ้น (Baver, 1966) เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม (Cementing agent) ทำให้เกิดเป็นเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่และมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น (Tisdall and Oades, 1982) ซึ่งมีอิทธิพลต่อความร่วนซุยของดินทำให้ดินมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีความจุอากาศเพิ่มขึ้นและการถ่ายเทอากาศในดินดีขึ้น (Allison, 1973)

1.1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

โดยทั่วไปแล้วสิ่งหนึ่งที่คาดว่าจะได้รับจากการใส่อินทรียวัตถุลงไปในดินคือการปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Shaw and Robinson, 1960) การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินจะช่วยให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้น (Hamblin and Davies, 1977) และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินทราย (Im, 1982) จากการศึกษาของ Unger และ Stewart (1974) พบว่าการใช้ปุ๋ยคอกทำให้ปริมาณความชื้นในดินที่ 0.2 และ 1.5 บาร์ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ oh และ Im (1967) ศึกษาดินร่วน 100 ชนิดพบว่าปริมาณอินทรีวัตถุในดินที่ต่ำกว่า 2.0% ไม่มีผลต่อความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ Russell et al., (1952) พบว่ามีสหสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินกับความจุความชื้นในดิน Tcha และ Park (1973) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเกาหลีพบว่าปริมาณความชื้นที่ความจุความชื้นสนามและจุดเหี่ยวถาวรเพิ่มขึ้น 1.13 และ 0.40% ทุก ๆ 1.00% ของอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปในดิน Salter และ Williams (1963) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยคอกลงไปในดินร่วนปนทรายทุก ๆ ปีไม่เพียงแต่จะทำให้ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเท่านั้นแต่ยังทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยออกมาที่ระดับความเครียดต่ำเพิ่มขึ้นด้วย ผลของอินทรียวัตถุต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของดินขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเนื้อหยาบโดยปกติจะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่อินทรียวัตถุลงไป แต่ในดินเนื้อละเอียดแล้วการเพิ่มขึ้นของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์จะเป็นผลเนื่องจากเนื้อดินมากกว่าอินทรียวัตถุ (Im, 1982 ; Peterson et al., 1968 ; Salter and Williams, 1963)

1.1.4 การซึมผ่านของน้ำในดิน

อินทรียวัตถุช่วยให้การซึมผ่านของน้ำในดินเพิ่มขึ้น (Williams and Cooke, 1961) โดยช่วยให้น้ำอยู่บนผิวหน้าของดินนานพอที่จะมีเวลาซึมลงไปในดิน และในขณะเดียวกันก็ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้น้ำซึมผ่านไปได้ถึงบริเวณรากพืชได้เร็วขึ้น (Allison, 1973) อินทรียวัตถุทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำช่วยอุ้มน้ำและเพิ่มอัตราการซึมผ่านของน้ำ (Welborn, 1982) ปุ๋ยพืชสดทั้งจากพืชตระกูลถั่ว และพืชตระกูลหญ้ามีผลต่อการเพิ่มอัตราการซึมผ่านของน้ำ (Williams and Doneen, 1960) การใส่ปุ๋ยคอกลงไปในดินช่วยเพิ่มอัตราการซึมผ่านของน้ำเช่นกัน (Mazurak et al., 1955) ผลจากการใส่ปุ๋ยคอกทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มขึ้นตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (Meek et al., 1982) จากการศึกษาของ Heggi (1976) พบว่าอัตราการซึมผ่านของน้ำในดินในแปลงที่ใส่ปุ๋ยคอกสูงกว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว El-Seidy (1967) รายงานว่าค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในดินของแปลงที่ใส่ปุ๋ยคอกสูงเกือบจะเป็นสองเท่าของแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวหรือไม่ใส่ปุ๋ยเลย Peele (1937) รายงานผลของการใช้อินทรียวัตถุระดับต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการซึมลึก (Percolation rate) ของน้ำในดินใน Cecil clay subsoils ว่าอัตราการซึมลึกของน้ำในดินเพิ่มขึ้นตลอดช่วงของอัตราการใช้อินทรียวัตถุ Miller และ Aarstard (1971) ศึกษาอัตราการซึมผ่านของน้ำในดินต่อการใส่ฟางข้าวในระดับต่าง ๆ ทุก ๆ ปี พบว่าอัตราการซึมผ่านของน้ำในดินของแปลงที่ใส่ฟางข้าวจะยังคงอยู่ในระดับสูงตลอดช่วงเวลาของการให้น้ำ ในขณะที่แปลงที่ไม่ได้ใส่ฟางข้าวอัตราการซึมผ่านของน้ำในดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว Im (1982) ศึกษา Saturated hydraulic conductivity ในดินที่ไม่ใส่และใส่ฟางข้าวในอัตรา 12 ตัน/เฮ็กตาร์ พบว่าการใส่ฟางข้าวลงไปในดินเป็นการช่วยปรับปรุงความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน

1.1.5 สีของดิน และอุณหภูมิดิน

อุณหภูมิดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อขบวนการทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของดิน ดินที่มีอุณหภูมิต่ำขบวนการทางเคมีและชีวภาพจะเกิดได้ช้า ซึ่งจะจำกัดระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม ซัลเฟอร์ และแคลเซียม เป็นต้น (Brady, 1984) ดินที่มีสีคล้ำส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดินอุณหภูมิส่วนมากจะเกิดจากอิทธิพลของอินทรียวัตถุซึ่งมีค่าความร้อนจำเพาะสูงและมีค่าการนำความร้อนต่ำนอกจากอินทรียวัตถุแล้วอุณหภูมิดินยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สีของดิน ปริมาณความชื้นในดิน และองค์ประกอบของดิน เป็นต้น (Baver, 1966)

1.2 ควบคุมคุณสมบัติทางเคมีของดิน

1.2.1 การดูดซับประจุบวก และลดการสูญเสียประจุบวก

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) ในดินหมายถึงจำนวนประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของคอลลอยด์ (El-Swaify, 1973) CEC ของดินมีประโยชน์ต่อการเกษตรหลายประการ เช่น ช่วยในการจำแนกดิน การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น (Chapman, 1965) แหล่งที่มีการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินได้แก่ คอลลอยด์ ซึ่งมีอยู่สองกลุ่มด้วยกัน คือ แร่ดินเหนียว และอินทรียวัตถุ (Van Raij and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Peech, 1972 ; Mekaru and Uehara, 1972) อินทรียวัตถุเป็นแหล่งที่สำคัญของ CEC (Kamprath and Welch, 1962) เนื่องจากอินทรียวัตถุมีประจุลบอยู่สูงประจุลบเหล่านี้เกิดจากไอออนไนเซชั่นของอนุมูลคาร์บอกซิล (-COOH) ฟีนอล (-OH) และไอไมด์ (-NH) (Allison, 1973) การกำหนดค่าของ CEC ของอินทรียวัตถุในดินแตกต่างกันออกไปทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันในวิธีการวัด Russell (1973) ประเมินค่า CEC ของฮิวมัสเท่ากับ 30-70 me/100g สำหรับดินกรดที่มีการระบายน้ำไม่ดี และ 200-300 me/100g สำหรับดินเป็นกลางที่มีการระบายน้ำดี Kamprath and Welch (1962) กำหนดค่า CEC 62-279 me/100g ดินสำหรับดินโคสตอล เพลน (Coastal Plain Soils) Hegsi (1976) รายงานว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยคอกจะมีค่า CEC สูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยคอก Cabrera และ Talibudeen (1977) พบว่าชั้นดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะมีค่าผลรวมของประจุบวกต่างที่แลกเปลี่ยนได้ ($Na^+ + K^+ + Mg^{2} + Ca^{2+}$) สูงอีกด้วย CEC มีผลในการช่วยลดความเป็นกรดของดินไม่ว่าความเป็นกรดนั้นจะเกิดจากสาเหตุใดก็ตาม เช่นเกิดจากกระบวนการทางชีวภาพ เกิดจากน้ำฝน หรือเกิดจากปุ๋ยเคมีโดย H^+ จากสารละลายดินจะเข้าไปแทนที่ประจุบวกโลหะที่ผิวของคอลลอยด์ (Graham, 1940) ฮิวมัส เป็นสารเชิงซ้อนที่ค่อนข้างจะทนทานต่อการสลายตัวมีรูปร่างไม่แน่นอนมีสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลเข้มเกิดจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุโดยการกระทำของจุลินทรีย์ดิน คอลลอยด์ของฮิวมัส ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และ อ๊อกซิเจน มีพื้นที่ผิวสูงมาก ที่ผิวของคอลลอยด์จะมีประจุลบอยู่แหล่งของประจุลบเหล่านี้ ได้แก่ คาร์บอกซิล กรุป และฟีนอลิค กรุป ซึ่งมีความสำคัญมากต่อค่า CEC ของฮิวมัส โดยทั่วไปแล้ว ฮิวมัสจะมีค่า CEC สูงกว่าซิลิเกต เคลย์ มาก กล่าวคือฮิวมัสมีค่า CEC ประมาณ 150-300 me/100g ของฮิวมัส ดังนั้นที่ผิวคอลลอยด์ของฮิวมัสจึงสามารถดูดซับประจุบวกต่าง ๆ เช่น Ca^{2+}, H^+, Mg^{2+}, K^+, Na^+ และอื่น ๆ ไว้ได้มาก (Brady, 1984)

1.2.2 ควบคุม Buffering capacity ของดิน

คำว่า buffer หมายถึง ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน (Brady, 1984) จุดประสงค์ประการหนึ่งที่คาดว่าจะได้รับจากการใส่อินทรียวัตถุลงไปในดิน ได้แก่ การปรับปรุงสมบัติความเป็นบัฟเฟอร์ในดินทราย (Shaw and Robinson, 1960) ดินที่มีค่า CEC สูงก็จะมี buffering capacity สูงตามไปด้วยเมื่อปัจจัยอื่น ๆ คงที่ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพความเป็นกรดแฝง (Reserved acidity) ส่วนใหญ่จะถูกทำให้เป็นกลาง (neutralize) ด้วยเหตุนี้ดินเนื้อละเอียดและมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงจึงต้องใช้ปูนเป็นปริมาณมากในการเปลี่ยนแปลงค่า pH (Brady, 1984) buffering capacity ส่วนใหญ่ในดินจะอยู่ในฮิวมัส และเคลย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งจะดูดซับ H^+, Al^{3+} และประจุบวกอื่น ๆ ไว้ ดังนั้น ดินที่มีฮิวมัสสูงจึงเป็นดินที่มีสมบัติความเป็นบัฟเฟอร์ที่ดี (Allison, 1973)

1.2.3 เป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช

อินทรียวัตถุในดินเป็นแหล่งที่สำคัญในธรรมชาติของไนโตรเจน (Kononova, 1975) นอกจากไนโตรเจนแล้วอินทรียวัตถุยังเป็นแหล่งที่สำคัญของฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และจุลธาตุอื่น ๆ (FAO, 1977) อินทรียวัตถุเป็นแหล่งสะสมของธาตุอาหารพืช ผลที่ได้จากการสลายตัวอย่างช้า ๆ ของอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ และไนโตรเจน ที่เป็นประโยชน์ในรูปแอมโมเนียซึ่งต่อไปก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท นอกจากนี้ยังมีฟอสฟอรัส และธาตุอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุอาหารพืชในอินทรียวัตถุเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ก็ต่อเมื่อจุลินทรียดิน เปลี่ยนสภาพให้เป็นสารประกอบอนินทรีย์เสียก่อน เช่น สารอินทรีย์ไนโตรเจนเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียม และไนเตรท สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสเป็นฟอสเฟต และจากสารอินทรีย์ซัลเฟอร์เป็นซัลเฟต เป็นต้น (Waksman, 1952) Dolar <u>etal</u>. (1971) พบว่ามีสหสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินกับจุลธาตุที่สกัดได้ Allison (1973) รายงานว่าฮิวมัสมีผลอย่างมากต่อการให้ธาตุอาหารแก่พืชเพราะมีค่า CEC สูง และมีความจุในการดูดซับสูง

1.2.4 ควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

เมื่อใส่ปุ๋ยหมักลงไปในดินจะเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ซึ่งทำให้เกิดกรดคาร์บอนิคในดิน และเป็นตัวช่วยละลายธาตุอาหารในดิน (Lowe, 1947) นอกจากนี้กรดอินทรีย์ ที่สร้างโดยจุลินทรีย์ดินมีผลในการลดการตรึงฟอสฟอรัสโดยเหล็ก และอลูมิเนียม ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเหล็ก และอลูมิเนียมจะถูกอินทรียวัตถุดูดยึดเอาไว้ทำให้มีโอกาสทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสได้น้อยลง (Struthers and Sieling, 1950) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และอินทรียวัตถุก็มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากจะเกิดสารเชิงซ้อนกับประจุบวกสอง หรือประจุบวกสามซึ่งจะมีผลยับยั้งการเกิดรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ของอนินทรีย์ฟอสเฟต (FAO, 1977) นอกจากนี้อินทรียวัตถุจะช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยการถูกชะล้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารหลักที่สำคัญ เช่น แอมโมเนีย โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Hester and Shelton, 1937)

1.2.5 ลดอันตรายที่อาจจะเกิดกับพืช

ในชั้นดินที่มีอินทรียวัตถุสูง ถึงแม้ pH ของดินจะต่ำกว่า 3.7 อลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ก็จะละลายออกมาได้น้อย (Cabrera and Talibudeen, 1977) เนื่องจากการเกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอินทรียวัตถุกับอลูมิเนียมในดินซึ่งเป็นผลทำให้อลูมิเนียมในสารละลายดินต่ำ (Evans and Kamprath, 1970) ดังนั้นในดินที่มีการสะสมของอินทรียวัตถุอยู่สูงแม้จะมีปริมาณอลูมิเนียมในดินมากก็ไม่เป็นอันตรายต่อพืชพรรณธรรมชาติ (Silva and Schaefer, 1971) อินทรียวัตถุช่วยลดความเป็นพิษของสารพิษที่มีต่อพืช ลดอันตรายอันเนื่องมาจากความเข้มข้นของเกลือ (Hester and Shelton, 1937) นอกจากนี้ยังมีผลอย่างมากต่อการป้องกันพิษตกค้างของยาปราบศัตรูพืช (Allison, 1973) โรคที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการขาดธาตุอาหารของพืชโดยปกติจะลดความรุนแรงลงในดินที่มีอินทรียวัตถุอย่างพอเพียง ทั้งนี้เนื่องจากพืชมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและผลอันเนื่องมาจากการแข่งขันของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มีมากขึ้น (Waksman, 1952)

1.2.6 Chelation

Chelate หมายถึง สารเชิงซ้อนระหว่างอินทรียวัตถุกับประจุของโลหะหนักที่ละลายน้ำได้ยาก (Duchaufour, 1982) คอลลอยด์ของอินทรียวัตถุสามารถที่จะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับโลหะหนักที่มีประจุเป็นบวกได้ดีและจำนวนของโลหะธาตุที่เพิ่มขึ้นมักจะสัมพันธ์กับปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน (Hodgson, 1963) ถึงแม้ว่าอินทรียวัตถุจะมีการแลกเปลี่ยนประจุบวก แต่เนื่องจากมีความสามารถในการเกิดพันธะ (affinity) กับโลหะหนักที่ประจุเป็นบวกได้ดีจึงทำให้มีลิแกนด์ (ligand) หรือ กรุป (group) ซึ่งเกิดคีเลท (chelate) หรือสารเชิงซ้อน (complex) กับโลหะ กรุปเหล่านี้ ได้แก่ คาร์บอกไซลิค กรุป ฟีนอลิค กรุป อัลกอฮอลิค กรุป และอีนอลิค กรุป (Stevenson and Ardakani, 1972) โดยทั่วไปแล้วเสถียรภาพของสารเชิงซ้อนจะเพิ่มขึ้นตามค่า pH ของดิน เนื่องจากกรุปต่าง ๆ เหล่านี้จะเกิดไอออนไนเซชั่นเพิ่มขึ้น ในบรรดาโลหะต่าง ๆ Cu^{2+} เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่มีเสถียรภาพมากที่สุดในช่วง pH ที่กว้างส่วนโลหะอื่น ๆ มีเสถียรภาพจากมากไปหาน้อย ดังนี้ Fe^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+} (Jones and Jarvis, 1981)

1.3 ควบคุมสมบัติทางชีวภาพของดิน

โดยทั่วไปแล้วสิ่งหนึ่งที่คาดว่าจะได้รับจากการใส่อินทรียวัตถุในดินได้แก่การเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Shaw and Robinson, 1960) เพิ่มชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ (Aldrich and Martin, 1954) เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการย่อยสลายของอินทรียวัตถุได้แก่ แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีตส์ อินทรียวัตถุทำให้ดินมีสภาพที่เหมาะต่อพัฒนาการของระบบรากพืช และต่อการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการต่าง ๆ ในดิน (Waksman, 1952) เช่น ammonification, nitrification และ N-fixation (Lowe, 1974)

1.4 ผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว

สิ่งสำคัญที่จะได้รับจากการใส่อินทรียวัตถุลงไปในดิน คือการปรับปรุงสภาพของดิน ดินที่ได้รับการปรับปรุงสภาพทางกายภาพให้ดีขึ้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวดีขึ้น ให้ผลผลิตสูงขึ้น กิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ดินเกิดได้ดีขึ้น มีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น จุลธาตุต่าง ๆ เช่น Mn, Cu, Zn และ Fe เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น สิ่งที่ได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุมีผลในทางบวกต่อการเจริญเติบโตและเมตาโบลิซึมของพืชและยังช่วยลดพิษตกค้างของยาปราบศัตรูพืช การใช้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น 56% และ 85% ตามลำดับ (Gaur, 1980) การทดลองในญี่ปุ่นโดยใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 1,100 ก.ก./เฮ็กตาร์ ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 10% นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้ปุ๋ยอินทรีย์อื่น ๆ เช่นปุ๋ยหมัก และมูลโคสด ทั้งที่ใส่และไม่ใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะให้ผลดีที่สุด (Shimizu, 1978) ในพม่าจากการทดลองพบว่าปุ๋ยคอกมีผลระยะยาวต่อผลผลิตของข้าวมากกว่าปุ๋ยเคมี (Thant, 1978) ในไทยจากการทดลองเปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยหมักกับปุ๋ยคอก พบว่าผลผลิตของข้าวจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับจำนวนปุ๋ยคอกที่เพิ่มขึ้น แต่การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จะให้ผลผลิตดีที่สุด (Jugsujinda et al., 1978)

2. ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุไนโตรเจนมีหลายชนิดที่เป็นปุ๋ยผสม อาจจะอยู่ในรูปสารประกอบแอมโมเนียม สารประกอบไนเตรท หรือในรูปอาไมด์ (Brady, 1984) สำหรับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตซึ่งรู้จักแพร่หลายและใช้กันมากในวงการเกษตรนั้นประกอบด้วยไนโตรเจน 20-21% และซัลเฟอร์ 24% ปัจจุบัน ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ผลิตจากการสังเคราะห์แอมโมเนียมากกว่าผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมถ่านหิน แอมโมเนียมในดินอยู่ในรูปประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้จนกว่าจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรทโดยไนตริไฟอิง แบคทีเรีย (nitrifying bacteria) แอมโมเนียมจะไม่ถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่ายเหมือนไนโตรเจนในรูปไนเตรท ไนโตรเจนในปุ๋ยผสมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตซึ่งจะละลายน้ำได้ดีในอุณหภูมิปกติ ความสามารถในการละลายที่อุณหภูมิ 0 °C เท่ากับ 70.6 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม และที่อุณหภูมิ 100 ° C เท่ากับ 103.8 กรัมต่อน้ำ 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรัม (Jones, 1979) ปุ๋ยแอมโมเนียมเมื่อใส่ลงไปในดินสามารถถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรท หรือถูกตรึงโดยคอลลอยด์ในดิน หรือถูกใช้โดยจุลินทรีย์ และพืชชั้นสูง (Brady, 1984)

2.1 ผลกระทบของปุ๋ยไนโตรเจน ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในแปลงพืชนั้นมีแนวโน้มที่จะคงระดับอินทรียวัตถุในดินให้อยู่ในระดับที่สูงได้มากกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของผลผลิตและเศษเหลือของพืช (Allison, 1955) จากการศึกษาของ Intrawech et al. (1982) พบว่าการใส่ปุ๋ยแอนไฮดรัส แอมโมเนียม แอมโมเนียม ไนเตรท ยูเรีย และยูเรีย แอมโมเนียมไนเตรทโซลูชั่น (UAN) กับข้าวโพด ข้าวฟ่าง ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 10 ปีไม่ได้มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

2.2 ผลกระทบของปุ๋ยไนโตรเจน ต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ลงไปในดินจะแตกตัว (ionize) ให้ NH^+_4 กับ SO^{2-}_4 ต่อมา NH^+_4 จะเข้าไปไล่ที่ประจุบวกที่ผิวของคอลลอยด์ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+} ประจุบวกเหล่านี้อาจจะรวมตัวกับ SO^{2-}_4 เกิดเป็นเกลือซัลเฟต แล้วถูกชะล้างออกไปจากดิน (Mariakulanda and Manickam, 1975) ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทได้อย่างรวดเร็วในดินที่เป็นกรดอ่อน ๆ หรือดินที่เป็นกลางโดยการกระทำของแบคทีเรีย NH^+_4 บางส่วนจะถูกตรึงโดยเคลย์ทำให้การแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่น ๆ หรือการเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทเกิดได้ช้า ในดินบน NH^+_4 ที่ถูกตรึงจะเกิดได้น้อยกว่าดินล่างเมื่อคิดตามสัดส่วนของไนโตรเจนทั้งหมด (total-N) ปุ๋ยแอมโมเนียมเมื่อใส่ลงไปในดินด่างจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแอมโมเนีย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การสูญเสียจะเกิดมากในดินเนื้อหยาบและมีค่า CEC ต่ำ ในดินกรดปุ๋ยแอมโมเนียมก็สูญเสียเนื่องจากเกลือแอมโมเนียมเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์ และสลายตัวต่อไปเป็นไนโตรเจนอ๊อกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน (Cooke, 1981) ผลกระทบต่อความเป็นกรดของดินจะเกิดขึ้นเมื่อ NH^+_4 เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ NO^-_3 ภายใต้สภาพอ๊อกซิเดชัน สารประกอบแอมโมเนียมจะเพิ่มความเป็นกรดให้กับดินดังสมการเคมี (Brady, 1984)

$$NH^+_4 + 2O_2 \longrightarrow 2H^+ + NO^-_3 + H_2O$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากแอมโมเนียมซัลเฟตมี SO_4^{2-} เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะทำให้ดินเป็นกรดได้มากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนจากแหล่งอื่น เช่น แอมโมเนียมไนเตรท เป็นต้น (Tisdale and Nelson, 1969 ; Brady 1984) จากการศึกษาของ Mariakulanda และ Manickam (1975) พบว่าการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 100 ปอนด์ ทำให้เกิดความเป็นกรดในดินขึ้นซึ่งต้องใช้แคลเซียมคาร์บอเนตประมาณ 110 ปอนด์ เพื่อแก้ความเป็นกรดนี้ ดังนั้นดินที่จะได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจึงควรจะมีแคลเซียมมากพอที่จะทำให้ดินเป็นกลางได้ Intrawech et al. (1982) ศึกษาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน กับข้าวโพด ข้าวฟ่าง ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 10 ปี พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ pH ของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน Tisdale และ Nelson (1969) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตติดต่อกันหลาย ๆ ปี โดยไม่มีการใส่ปูนจะทำให้ pH ของดินลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะต่อการให้ผลผลิตของพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved