บทที่ 2

การตรวจเอกสารทั่วไปและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะละกอเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา มะละกอเป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Caricaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carica papaya* L. มีชื่อสามัญในภาษาอังกฤษว่า Papaya และมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นและประเทศ เช่น Papaw, Mamao, หรือ Fruita-Bomba เป็นต้น (ทวีเกียรติ, 2527 ก) Mekako และ Nakasone (1975) รายงานว่ามีพืชอยู่ร่วมวงศ์ Caricaceae จำนวน 22 ชนิด (species) แต่มีเพียงมะละกอ (*C. papaya* L.) ที่มีความสำคัญและได้รับความสนใจศึกษาวิธีการเพาะปลูกและปรับปรุงพันธุ์เพื่อขยายปริมาณการปลูกเป็นเชิงการค้า

ความสำคัญของมะละกอ

1. ความสำคัญด้านโภชนาการ

พืชสวนชนิดต่างๆมีความสำคัญด้านคุณค่าทางอาหารสำหรับมนุษย์ Arthey (1975) กล่าวว่า ผักและผลไม้เป็นแหล่งสำคัญของคาร์โบไฮเดรท,โปรตีน,ไขมันและวิตามิน คุณค่าทางอาหารของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ที่ปลูก ลักษณะของดิน อายุของผล การใส่ปุ๋ย และแหล่งเพาะปลูก Smith และคณะ (1992) กล่าวถึง คุณค่าของมะละกอสำหรับการบริโภคเป็นอาหารประจำวันว่า มะละกอมีคุณค่าทางอาหารสูง ผลมะละกอสุกเหมาะสำหรับบริโภคเป็นอาหารเช้าหรือผลไม้ประเภทของหวาน ที่มีคุณสมบัติเป็นแหล่งของวิตามิน เอ และ ซี ช่วยเพิ่มสารอาหารให้กับอาหารประจำวันเป็นอย่างดี ทวีเกียรติ (2519) ได้ทดลองหาเปอร์เซ็นต์น้ำตาลในมะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่า มีปริมาณเฉลี่ย 8-9 เปอร์เซ็นต์ Purseglove (1988) ระบุคุณค่าทางอาหารของส่วนของผลมะละกอที่รับประทานได้ ประกอบด้วย น้ำ, น้ำตาล, โปรตีน, ไขมัน, กรดต่างๆ, เยื่อใยและเถ้า เท่ากับ 88, 10, 0.5, 0.1, 0.1, 0.7 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ กรมอนามัย (2521) ได้รายงานผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีทางอาหารในผลมะละกอ พบว่า ผลมะละกอสุกให้พลังงานต่อหน่วย ที่ร่างกายคนเราได้รับในปริมาณ เท่ากับ 51 แคลอรี่-ยูนิต ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 0.8 กรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณไขมัน เท่ากับ 0.3 กรัมต่อ 100 กรัม คาร์โบไฮเดรท เท่ากับ 11.3 กรัมต่อ 100 กรัม วิตามิน เอ เท่ากับ 4,354 หน่วยสากล (IU) วิตามินซี เท่ากับ 78 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนผลมะละกอดิบจะมีองค์ประกอบต่างๆดังกล่าวในปริมาณที่น้อยกว่าผล

มะละกอสุก นอกจากนี้ผลมะละกอสุกยังมี วิตามิน บี1, บี2, ไนอาซิน, แคลเซียม, ฟอสฟอรัส และเหล็ก ในปริมาณ เท่ากับ 0.04, 0.03, 12, 22 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (สมบูรณ์, 2530)

Selvaraj และคณะ (1982) พบว่า มีองค์ประกอบหลักของคาร์โบไฮเดรทในผลมะละกอประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส (sucrose) กลูโคส (glucose) และฟรุคโต๊ส (fructose) ระหว่าง 7-50, 14-78 และ 13-50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมด ตามลำดับ มีส่วนที่เป็นแป้งเล็กน้อยในระหว่างการเจริญพัฒนาของผล ส่วนที่เป็นกรดอินทรีย์ในผลมะละกอประกอบด้วยกรดมาลิคและกรดซิตริค ที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้อื่นๆ ปริมาณวิตามิน เอ และ ซี ของผลมะละกอมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามอายุของผล ระยะที่ผลสุกมีสีเหลือง มีการเพิ่มของวิตามิน เอ และ ซี ในผลสูงสุด เช่นเดียวกับที่ Selvaraj และ Pal (1982) พบว่า มะละกอพันธุ์จากประเทศไทย เนื้อของผลประกอบด้วย น้ำ 87.6-93.8 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรท 1.2-8.4 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโต๊ส ระหว่าง 10.8-41.6, 19.9-66.5 และ 17.5-37.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมด ตามลำดับ มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของวิตามินซี, วิตามินเอ, แคลเซียม, ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม ตามการเจริญพัฒนาของผล สอดคล้องกับที่ Silva และคณะ (1985) พบว่า องค์ประกอบของน้ำตาลในผลสุกของมะละกอภูเขา (*Carica candamarcensis*) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส, ฟรุคโต๊ส และ ซูโครส โดยมีปริมาณความเข้มข้นขึ้นกับระยะการสุกของผล ระยะที่ผลสุกเต็มที่มีปริมาณน้ำตาลฟรุคโต๊สมากที่สุด และกรดที่พบเป็นหลักคือ กรดมาลิคและกรดซิตริค Wills และคณะ (1986 อ้างถึงในสมบูรณ์ 2530) ได้รายงานผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลมะละกอที่ปลูกในประเทศออสเตรเลีย มีธาตุโปตัสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม และสังกะสี ในปริมาณเท่ากับ 140, 7, 14 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ และเนื้อของผลมะละกอสุกมีกลิ่นหอมซึ่งเกิดจากสาร Linalool (ประดิษฐ์, 2530) นอกจากนี้ใบมะละกอยังมีคุณค่าทางอาหารสูงเช่นกัน โดยมีโปรตีนในใบประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มีวิตามิน เอ, ซี, อี, ไนอาซิน และไรโบฟลาวิน รวมทั้งแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม สามารถนำใบอ่อนของมะละกอมาบริโภคเช่นเดียวกับผักอื่นๆได้ (นิรนาม, 2531)

คุณค่าทางอาหารของผลมะละกอสุก ยังเหมาะสำหรับการบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ สโตเมด-ดี (2529) ได้เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของมะละกอกับผลไม้บางชนิดว่า มะละกอมีวิตามิน เอ สูงกว่า แตงโมหรือกล้วยหอม 3-4 เท่า มีวิตามิน ดี สูงกว่าแตงโม 10 เท่า และสูงกว่ากล้วยหอม 4-5 เท่า รัชนี (2531) กล่าวว่า ธาตุเหล็กในผลมะละกอช่วยบำรุงเลือด แคลเซียมช่วยบำรุงกระดูก วิตามิน เอ บำรุงสายตา วิตามิน บี บำรุงประสาท วิตามิน ซี รักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน จำลอง (2538) กล่าวถึง มะละกอในด้านที่เป็นอาหารบำรุงร่างกายว่า ผลมะละกอมีกรดเจือ

ปนน้อยอาจเรียกได้ว่าเป็นผลไม้ที่ไม่มีกรด มีน้ำตาลที่ย่อยง่ายเจือปนอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำผลไม้สด ซึ่งมีคุณค่าในการบำรุงเลี้ยงร่างกายสูง ดังนั้นในบรรดาผลไม้ด้วยกัน มะละกอจึงถูกจัดเป็นผลไม้ชั้นสูง

2. ความสำคัญด้านเภสัชกรรม

ส่วนต่างๆของต้นมะละกอมีคุณค่าทางเภสัชกรรม ใช้เป็นสมุนไพรบำบัดรักษาโรคต่างๆ ได้ Smith และคณะ (1992) รายงานว่า มีการใช้มะละกอในตำรับยาพื้นบ้านของชาวชนบทในแถบเขตร้อนของอเมริกา อัฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเขตแปซิฟิค มีตัวอย่างการใช้มะละกอเป็นยารักษาโรคบางชนิด ได้แก่ ใช้เมล็ดกินเป็นยาถ่ายพยาธิ ใช้กระตุ้นการสร้างน้ำนมของมารดาหลังคลอด ใช้ถ่ายพยาธิในสัตว์เลี้ยงจำพวกสุกร ใช้ดอกตัวผู้ของมะละกอเป็นยาต้มรักษาโรค หลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ใช้รักษาโรคหนองใน (gonorrhea) ใช้แก้อาการปวดท้องหรือใช้ส่วนที่เป็นรากบดเป็นผงกินแก้ปวดหัวได้ โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง (2528 ก) รายงานว่าคนในทวีปอัฟริกานิยมใช้มะละกอรักษาแผลเรื้อรังและฝีประเภทต่างๆได้ผลดี ซึ่งตรงกับบันทึกสรรพคุณยาไทย ที่กล่าวถึง สรรพคุณของการใช้ยางมะละกอกัดฝ้า หนองที่อยู่ในแผลเรื้อรังและขับพยาธิ ส่วนของรากและก้านใบ ใช้เป็นยาขับปัสสาวะได้ มีการศึกษาค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับการใช้ส่วนของต้นและผลมะละกอในทางการแพทย์และทางเภสัชกรรม ศรีวัฒนา (2527) กล่าวถึง ผลการวิจัยของนายแพทย์ประเทศศรีลังกา ในการใช้ผลมะละกอดิบและสุกแทนยาปฏิชีวนะรักษาแผลเรื้อรังระดับมีหนอนในแผลผู้ป่วย จำนวน 104 ราย ซึ่งได้ผลดี และยังพบอีกว่า การใช้ผลมะละกอดิบต้มกับน้ำให้มารดาหลังคลอดรับประทาน ทำให้เพิ่มน้ำนมมารดาสำหรับเลี้ยงทารก สามารถกระตุ้นให้รายที่ไม่มีน้ำนมเลยมีน้ำนมออกมาได้ นอกจากนี้มีการตีพิมพ์เผยแพร่ประสิทธิภาพของการใช้ผลมะละกอ, ใบ และยางมะละกอ ทดลองรักษาโรคดับไตและม้ามโต ริดสีดวงทวารและอื่นๆอย่างได้ผลในวารสารการแพทย์ของประเทศออสเตรเลีย มูลนิธิสาธารณสุขกับการพัฒนา (2528) ก็ได้กล่าวถึงผลการใช้เนื้อมะละกอรักษาแผลเรื้อรังหลังการผ่าตัดไตของคนไข้ในโรงพยาบาลประเทศอังกฤษจนหายเป็นปกติได้ หลังจากนั้นสโตเมด-ดี (2529) ก็ได้รายงานเกี่ยวกับสารประกอบที่มีสรรพคุณทางเภสัชกรรมที่พบในส่วนต่างๆของต้นมะละกอซึ่ง ได้แก่ **ราก** ประกอบด้วย glycoside, myrosin, และเกลือโปแตสเซียม **ลำต้น** มียางสีขาวที่ประกอบด้วยน้ำ, catechol tannins, pectins, papain, malic acid, fat, resin และ alkaloid carpaine **ใบ** มีสาร alkaloid carpaine และ pseudocarpaine โดยเฉพาะ**ใบอ่อน** มี alkaloid carpaine มากที่สุดและมีวิตามิน ซี สูง **ผลดิบ** มี papain enzyme, rennin **ผลสุก** มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยวิตามิน เอ, ดี, บี 2 และ nicotinic acid โดยมีกรดในผลสุกน้อยมากและมีน้ำตาลส่วนใหญ่เป็นแซคคาโรส (saccharose) กลูโคสและ

ฟรุคโต๊ส แร่ธาตุที่พบ คือ แคลเซียม, ฟอสฟอรัสและเหล็ก รวมทั้งสารเพคติน (pectin) **เมล็ด** มีสารคาร์โบไฮเดรท, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, สาร carposide, Benzylisothiocyanate, Enzyme myrosin, และ Carposamine โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง (2528 ก) ; สโตเมด-ดี (2529) ; นิรนาม (2531) และรัชนี (2531) สรุปถึงสรรพคุณของส่วนต่างๆของต้นมะละกอในการบำบัดโรค ดังนี้ **ราก** ใช้ขับปัสสาวะ แก้โรคหนองใน โรคเกี่ยวกับไต กระเพาะปัสสาวะอักเสบ แก้คุดทะราดและริดสีดวงทวาร ลำต้น ใช้บรรเทาอาการตกขาวมากผิดปกติ อาการปวดฟันและเหงือก **ใบ** ใช้พอกแก้อาการปวดบวม แผลไฟไหม้ โรคกลากเกลื้อน หืด และสาร alkaloid carpaine มีฤทธิ์เป็นยาบำรุงหัวใจ **สารปาเปน** (papain) หรือ **ยางขาว** ใช้ย่อยเนื้อ ย่อยอาหารในคนไข้ที่มีระบบย่อยอาหารไม่ดีมีอาการท้องผูก ใช้ในการห้ามเลือด รักษาแผลเน่าเปื่อยอักเสบเรื้อรัง สารปาเปน ในยางมะละกอช่วยย่อยหนองและเศษเนื้อที่ตายแล้วโดยไม่ย่อยเนื้อเยื่อที่มีชีวิต มีคุณสมบัติ 3 ประการคือ ช่วยทำความสะอาดแผล ยับยั้งเชื้อโรค ลดอาการอักเสบ นอกจากนี้ยังใช้เป็นยาขับพยาธิต่างๆและยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก **ผลดิบ** ใช้เป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยขับน้ำนมมารดาหลังคลอด ช่วยย่อยอาหารรักษาแผลเรื้อรัง **ผลสุก** ใช้ขับน้ำเหลืองเสีย ผลสุกมีสารเพคติน 2.05-2.14 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติช่วยเคลือบกระเพาะอาหารและลำไส้ เพิ่มกากของเสียและยับยั้งเชื้อโรค และมีบทบาทช่วยป้องกันการสะสมพิษของปรอทและตะกั่วในร่างกายได้ **เมล็ด** ใช้กินเป็นยาขับพยาธิ ใช้พอกแก้โรคผิวหนังกลากเกลื้อน กาญจเนศ (2531) ยังกล่าวถึงสรรพคุณของผลมะละกอสำหรับการใช้เป็นเครื่องสำอางบำรุงผิว

ความเป็นพิษของมะละกอ โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง (2528 ข) รายงานว่า ยางมะละกอกัดผิวหนัง การรับประทานยางมะละกอทำให้คันปาก พิษของยางมะละกออยู่ที่สารปาเปน หากใช้ในปริมาณเข้มข้นมีผลทำให้ผิวหนังพองเกิดอาการคัน ทำลายผนังหลอดอาหาร มีพิษต่อลูกในท้องทำให้แท้งลูกได้ มีพิษต่อเส้นผม ยางมะละกอเข้าตาจะกัดตามากเกิดอาการปวดบวมแดง ห้ามใช้ยางมะละกอในคนที่มีอาการแพ้ หญิงมีครรภ์ กระเพาะอาหารและลำไส้เป็นแผล ห้ามกินพร้อมกับยาละลายเลือด ยางมะละกอออกฤทธิ์ย่อยเนื้อตาย ส่วนเนื้อเป็นไม่ถูกย่อยเพียงรบกวนให้ระคายเคือง วิธีแก้ไขใช้เนื้อมะละกอดิบบดแทนเพราะมียางในปริมาณน้อยกว่ามาก ทั้งนี้ผลมะละกอสุกมีพิษน้อยมาก แม้จะรับประทานเข้าไปมากจนตัวเหลืองก็ไม่เป็นอะไร

3. ความสำคัญด้านอุตสาหกรรมเกษตร

3.1 อุตสาหกรรมผลิตสารปาเปน

Purseglove (1988) กล่าวว่า ยางมะละกอประกอบด้วยเอ็นไซม์ปาเปนที่มีคุณสมบัติย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) คล้ายคลึงกับเอ็นไซม์เป็ปซิน (pepsin) ในกระเพาะสัตว์ ปาเปนถูกใช้

ในกระบวนการทำให้เนื้ออ่อนนุ่ม ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตหมากฝรั่งและเครื่องสำอาง ใช้เป็นยาช่วยย่อย (digestive ailment) ใช้สำหรับอุตสาหกรรมฟอกหนัง ผ้าขนสัตว์และผลิตภัณฑ์จากไหม วราภรณ์ (2528) รายงานว่า มีการใช้สารปาเปนในทางการแพทย์และอุตสาหกรรมผลิตเบียร์ อุตสาหกรรมผลิตเนื้อสัตว์และปลา อุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่มและน้ำผลไม้ อุตสาหกรรมฟอกหนังและอุตสาหกรรมผลิตเวชภัณฑ์และเครื่องสำอาง นิรนาม (2531) กล่าวว่า สารปาเปนที่บริสุทธิ์มีความสามารถย่อยโปรตีนได้ถึง 35 เท่าของน้ำหนักของมันเอง

Williams (1975) รายงานว่า ปาเปนได้จากการกรีดผลมะละกอดิบบนต้นและขูดเอาน้ำยางดิบที่ไหลออกมา ประมาณว่าในช่วงเวลา 11 เดือนจะมีผลผลิตปาเปน จำนวน 27 กิโลกรัมต่อไร่ Macmillan (1949) รายงานว่า มะละกอให้ผลผลิตปาเปนที่แห้งแล้วประมาณ 142-227 กรัมต่อต้นต่อปีหรือประมาณ 27 กก.ต่อไร่ Smith และคณะ (1992) รายงานว่า ปัจจุบันวิธีการสกัดปาเปนจากต้นมะละกอได้หันมาสกัดจากส่วนที่เป็นใบแทน เพื่อให้สามารถจำหน่ายผลมะละกอสดที่ปราศจากรอยแผล วราภรณ์ (2528) รายงานปริมาณนำเข้าสารเอ็นไซม์ชนิดต่างๆของประเทศไทย ในปี 2526 มีมูลค่ามากกว่า 23 ล้านบาท ร้อยละ 80 ของปริมาณนำเข้าทั้งหมด ประกอบด้วยปาเปน ต่อมานิรนาม (2529) รายงานเพิ่มเติมว่า ประเทศไทยเริ่มมีการตื่นตัวในการผลิตสารปาเปน มีการส่งเสริมจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (บี.โอ.ไอ.) ในการก่อตั้งโรงงานสกัดปาเปนป้อนโรงงานอุตสาหกรรมต่อเนื่องภายในประเทศ นอกจากสารปาเปนจากยางมะละกอ Williams และคณะ (1987) กล่าวว่า ผลมะละกอสุกมีสารเพ็คตินเป็นองค์ประกอบประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีการใช้สารเพ็คตินในการผลิตแยมและเยลลี่ และสารเพ็คตินนี้สกัดได้จากเศษเหลือใช้ของอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง

3.2 อุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตมะละกอ

รัชนี (2531) และสันทนา (2531) รายงานว่า มีผลผลิตมะละกอเข้าสู่กระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ ผลมะละกอดิบใช้ทำอุตสาหกรรมผักดองและอุตสาหกรรมผสมอาหารสัตว์ เปลือกมะละกอใช้ในอุตสาหกรรมทำสีผสมอาหารและอุตสาหกรรมผสมอาหารสัตว์ ผลมะละกอสุกใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำผลไม้และผลไม้บรรจุกระป๋อง อุตสาหกรรมผลิตซอส อุตสาหกรรมผลิตแยมและขนมลูกกวาด

4. ความสำคัญด้านพืชเศรษฐกิจ

แนวโน้มของความต้องการผลผลิตมะละกอของโลกเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง FAO (1993) ได้ประมาณการผลผลิตมะละกอทั้งหมดของโลกระหว่างปี 1991-1993 เท่ากับ 5.024, 5.421

และ 5.663 ล้านเมตริกตันตามลำดับ มีประเทศผู้ผลิตในอันดับต้นๆในปี 1993 เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ บราซิล อินเดีย ไทย ไนจีเรีย อินโดนีเซีย เม็กซิโก ซาอีร์ และ จีน ซึ่งมีผลผลิตประจำปีของแต่ละประเทศ เท่ากับ 1.750, 1.200, 0.545, 0.500, 0.358, 0.343, 0.210 และ 0.125 ล้านเมตริกตันตามลำดับ กรมส่งเสริมการเกษตร (2535) รายงานผลการสำรวจปริมาณพื้นที่ปลูกมะละกอของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณพื้นที่ปลูกรวมในปีเพาะปลูก 2533/34 มีจำนวน 184,482 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีเพาะปลูก 2531/32 (พื้นที่ปลูกรวม 122,017 ไร่) ร้อยละ 51.19 ของพื้นที่ปลูกรวม มีมูลค่าผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 747.784 ล้านบาทในปีเพาะปลูก 2531/32 เป็น 1,697.438 ล้านบาทในปีเพาะปลูก 2533/34

ด้านการส่งออกผลมะละกอสดของประเทศไทย ทรงยศ (2527) รายงานปริมาณส่งออกผลมะละกอสดของไทยในปี 2526 มีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 94.18 ของปริมาณส่งออกในปี 2522 ต่อมาวารีรัตน์ (2529) รายงานปริมาณส่งออกผลมะละกอสดในปี 2527 มีปริมาณ 12,588 เมตริกตัน มูลค่า 68.4 ล้านบาท สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2536) รายงานว่า ปริมาณส่งออกผลมะละกอสดของไทยมีปริมาณลดลง ในปี 2534 มีปริมาณส่งออกลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2.15 ของปริมาณส่งออกในปี 2531 โดยมีปริมาณส่งออกเพียง 89 เมตริกตัน มีมูลค่า 6.9 ล้านบาท แต่ปริมาณส่งออกมะละกอในรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปกลับเพิ่มขึ้น โดยปี 2534 ปริมาณส่งออกผลิตภัณฑ์มะละกอแปรรูปมีจำนวน 2,703 เมตริกตัน มูลค่า 57.4 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปริมาณส่งออกของปี 2531 ถึงร้อยละ 374.2 รังสรรค์ (2536) กล่าวถึงสาเหตุของการลดลงของปริมาณส่งออกผลมะละกอสดของประเทศไทย เนื่องจากปริมาณการผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการบริโภคภายในประเทศที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนนันทวัน และคณะ (2533) รายงานว่า การส่งออกมะละกอที่มีมูลค่า 80 กว่าล้านบาทในปี 2526 มีการลดลงเรื่อยๆ จนเหลือ 20 ล้านบาท ในปี 2531 สาเหตุสำคัญมาจากโรคใบด่างจุดวงแหวนมะละกอที่เกิดจากเชื้อไวรัส

5. ความสำคัญของมะละกอต่อประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยบริโภคมะละกอในอาหารประจำวันโดยใช้ปรุงอาหารจำพวกส้มตำ พจน์และประดิษฐ์ (2531) พบว่าร้อยละ 80 ของปริมาณมะละกอที่ประชากรในภาคนี้บริโภคอยู่ในรูปผลดิบสำหรับการใช้ประกอบอาหารเพื่อบริโภคประจำวัน ทวีเกียรติ (2527 ข) กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นของประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นสาเหตุทำให้การปลูกมะละกอเพื่อบริโภคในท้องถิ่นไม่พอเพียง ต้องมีการนำเข้าจากแหล่งปลูกในภาคอื่นของประเทศ ปิยะนุช (2526) พบว่า การนำเข้ามะละกอของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณไม่ต่ำกว่า 20-30 ตันต่อสัปดาห์ ต่อมาวีระ (2531) สำรวจพบว่าในช่วงฤดูแล้งมี

ปริมาณนำเข้าสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณบริโภคทั้งหมด ส่วนในช่วงฤดูฝนปริมาณนำเข้ามะละกอลดลงเหลือร้อยละ 15-20 ของปริมาณบริโภคทั้งหมด

ส่วนสถานภาพการปลูกมะละกอในปัจจุบันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากรายงานกรมส่งเสริมการเกษตร (2537) พบว่า ปริมาณพื้นที่ปลูกมะละกอในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีเพาะปลูก 2534/35 มีมากกว่าทุกภาคของประเทศ มีจำนวน 91,164 ไร่ มีผลผลิตรวม 212,189 เมตริกตัน ภาคที่มีพื้นที่ปลูกมะละกอรองจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ ภาคใต้มีปริมาณพื้นที่เพาะปลูก 22,458 ไร่ มีผลผลิตรวม 51,887 เมตริกตัน ส่วนจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมะละกอมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดชุมพร จำนวน 15,058 ไร่ มีผลผลิตรวม 30,571 เมตริกตัน จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกรองลงมา คือ จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 14,868 ไร่ มีผลผลิตรวม 35,197 เมตริกตัน และจังหวัดอุดรธานี จำนวน 10,174 ไร่ มีผลผลิตรวม 40,083 เมตริกตัน

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมะละกอ

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดประการหนึ่งที่มีผลกระทบกับการเจริญเติบโตของพืช Halfacre และ Barden (1979) กล่าวว่า พืชสวนส่วนใหญ่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 15 และ 35 องศาเซลเซียส Chandler (1958 อ้างถึงในทวีเกียรติ 2527 ก) รายงานว่า มะละกอเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่ขึ้นและเจริญเติบโตให้ผลดีในแถบประเทศที่อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 32 องศาเหนือและใต้ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยเหมาะกับการเจริญของมะละกอ เมล็ดมะละกองอกได้เร็วที่สุดเมื่ออุณหูมิกลางวัน เท่ากับ 35 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน เท่ากับ 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่มะละกอเจริญได้ดีควรอยู่ระหว่าง 22-26 องศาเซลเซียส ทรงยศ (2527) ตรวจเอกสาร พบว่า มะละกอเจริญเติบโตได้ดีในที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 21-33 องศาเซลเซียส และแหล่งปลูกมะละกอเป็นการค้าควรอยู่ที่ระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1500 เมตร ถ้าปลูกเพื่อกรีดยางควรปลูกในที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 900 เมตร ทวีเกียรติ (2527 ก) รายงานว่า มะละกอทนต่อความหนาวเย็นระดับที่มีน้ำค้างแข็งเกิดขึ้นเล็กน้อยได้ อุณหภูมิหนาวจัดมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง ผลมีคุณภาพไม่ดี Allan และคณะ (1987) พบว่า มะละกอมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมและให้ผลผลิตคุณภาพดี เมื่อมีอุณหภูมิในเวลากลางวัน/ อุณหภูมิในเวลากลางคืน ระหว่าง 25-30/11-16 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำมากเกินไปมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของมะละกอ

2. แสง

มะละกอต้องการแสงเพื่อการสังเคราะห์แสงของใบสำหรับการเจริญเติบโตที่เหมาะสมและการมีผลผลิตคุณภาพดี Allan และคณะ (1987) พบว่า มะละกอที่ปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีร่มเงาใบได้รับแสงเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ของมะละกอที่ปลูกกลางแจ้ง ทำให้อุณหภูมิของใบลดลงมาก อัตราการเจริญเติบโตต่ำ เกสรตัวผู้ไม่แข็งแรง ใช้ระยะเวลาในการเจริญของผลยาวนานกว่า อัตราการหายใจต่ำ ทำให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรทในต้นสูงกว่ามะละกอที่ปลูกกลางแจ้ง ผลมีรสชาดที่ไม่ดี ซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ Halfacre และ Barden (1979) ที่รายงานว่า การได้รับร่มเงาของพืชมีผลกระทบมากกับการให้ผลผลิตและคุณภาพของผล ร่มเงามากจะลดการเกิดตาดอก การติดผล ขนาดของผลและสีของผล ทั้งนี้มีสาเหตุจากใบในสภาพร่มเงามีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงต่ำ

3. น้ำ

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของมะละกอ ทวีเกียรติ (2527 ก) รายงานว่ามะละกอมีลำต้นอวบน้ำ มีน้ำเป็นองค์ประกอบเกือบ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมะละกอต้องการน้ำมาก Storey (1979) พบว่า ความต้องการปริมาณน้ำฝนต่อปีของมะละกอ มีค่าอยู่ระหว่าง 1,000-1,500 มม. และต้องมีการกระจายของฝนที่สม่ำเสมอ มะละกอและไม้ผลจำพวกมังคุดและกล้วยมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อมีปริมาณฝนของทุกเดือนในรอบปีมากกว่า 100 มม. ถ้ามีจำนวนเดือนในรอบปีที่มีฝนตกน้อยกว่า 60 มม. อยู่ 1 หรือ 2 เดือนจะมีอันตรายเล็กน้อยเกิดขึ้นกับมะละกอทั่วไป เช่นเดียวกับที่ ทวีเกียรติ (2527 ก) รายงานว่า การขาดน้ำมีผลทำให้ต้นมะละกอชงักการเจริญเติบโต ไม่ติดดอกและผล จึงต้องมีการให้น้ำในฤดูแล้งทุก 7-10 วัน ซึ่งจะช่วยให้มะละกอออกดอกติดผลเป็นปกติ วิจิตร (2517) ตรวจเอกสารผลการทดลองในฮาวาย พบว่า ในฤดูแล้งของปีแรกของการปลูกมะละกอ มะละกอที่กำลังตกผลใช้น้ำประมาณ 2.5 เอเคอร์-นิ้ว หรือ 62.5 มม. ทุกระยะ 10 วัน และในปีต่อไปมะละกอต้องการน้ำในปริมาณเดียวกันนี้ทุกระยะ 14 วัน ถ้าไม่มีการให้น้ำเป็นระยะเวลานานๆการเจริญเติบโตของต้นจะหยุดชงักและต้นมะละกอจะให้ดอกตัวผู้หรือดอกที่เป็นหมันจำนวนมากได้ Awada และคณะ (1979) ทำการทดลอง พบว่า มะละกอมีผลผลิตทั้งจำนวนและขนาดของผลมะละกอที่ส่งขายตลาดได้เพิ่มขึ้น ตามปริมาณน้ำและการใส่ปุ๋ยที่ให้เพิ่ม และได้แนะนำว่า อัตราการให้น้ำควรมีปริมาณ 1.3 เท่าของค่าการระเหยจากถาด (pan evaporation) Samson (1980) แนะนำว่า การปลูกมะละกอควรให้น้ำในปริมาณ 50-75 มม. ทุก 3-4 สัปดาห์

4. ลม

Samson (1980) กล่าวว่า สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำลายลำต้นและผลผลิตมะละกออยู่เสมอ คือ การมีลมพัดแรงเป็นประจำ มะละกอได้รับความเสียหายเนื่องจากมีก้านใบที่ยาวและลำต้นที่เปราะหักได้ง่าย ทวีเกียรติ (2527 ก) สรุปว่า มะละกอที่ปลูกในดินทรายมีการติดผลดกจะโค่นล้มได้ง่ายกว่ามะละกอที่ปลูกในดินเหนียว การทำสวนมะละกอขนาดใหญ่จำเป็นต้องหาวิธีป้องกันสวนมะละกอให้พ้นจากอิทธิพลของลมที่พัดแรง โดยใช้ไม้โตเร็วปลูกเป็นแนวกันลมหรือใช้ไม้หลักทำเป็นเสายึด ค้ำยันลำต้นไว้

5. ลักษณะของดิน

Samson (1980) รายงานว่า มะละกอชอบขึ้นเจริญบนพื้นที่ราบมากกว่าลักษณะพื้นที่อื่นๆ และมีความต้องการคุณสมบัติของดินปลูกคล้ายคลึงกับกล้วย ทวีเกียรติ (2527 ก) รายงานว่า มะละกอสามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด ข้อสำคัญควรมีหน้าดินลึก พื้นที่ที่มีดินตื้นหรือมีชั้นดานไม่เหมาะสมกับการใช้ทำสวนมะละกอ Inforzato และ De Carvalho (1967) พบว่า มะละกอที่ปลูกในดินทราย มีอายุ 4 เดือน จะมีรากที่ยาวที่สุดสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึก 1.6 เมตร และเมื่อมะละกอมีอายุ 1 ปี รากที่ยาวที่สุดสามารถหยั่งลึกลงไปในดินได้ 3.4 เมตร โดยที่ปริมาณรากในระดับลึก 30 ซม.ทั้ง 2 ช่วงอายุมีปริมาณ 76 และ 68 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณรากทั้งหมด มะละกอต้องการดินที่มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ไม่มีการแช่ขังของน้ำนานๆ สันทนา (2530) รายงานเพิ่มเติมว่า มะละกอต้องการดินที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายเล็กน้อยหรือเป็นดินเหนียวปนร่วนที่อุดมสมบูรณ์ มีธาตุอาหารครบถ้วนตามความต้องการ มะละกอชอบดินที่อุดมด้วยอินทรียวัตถุมากจึงต้องเพิ่มปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกแห้งมากๆเพื่อช่วยให้ดินมีการระบายน้ำดี และเพิ่มคุณค่าทางด้านอาหารพืชให้กับดิน มะละกอมีความต้องการระดับความเป็นกรดหรือด่าง (pH) ของดินระหว่าง 6-7 ทั้งนี้ระดับความเป็นกรดหรือด่างของดินมีความสัมพันธ์กับการใส่ปูน

Younge และ Plucknett (1964) พบว่า มะละกอที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนตะกอน มี pH 5.5 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 7 เท่าตัว เมื่อได้รับการใส่ปูนอัตรา 2,000 กก.ต่อไร่ De Carvalho (1966) รายงานว่า พื้นที่ปลูกที่มีความเสี่ยงจากการเป็นพิษของอะลูมินั่ม ควรมีการใส่ปูนเพื่อรักษาระดับ pH ของดินให้อยู่ในช่วง 5.5-6.0 เช่นเดียวกับที่ Awada และคณะ (1975) พบว่า การใส่ปูนรักษาระดับ pH ของดินอยู่ในช่วงระหว่าง 5.5-6.7 มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะละกอมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะช่วงอายุก่อนเข้าสู่ระยะเลี้ยงผลและมีผลผลิตที่คัดส่งตลาดได้สูงกว่ามะละกอที่ไม่ได้รับการใส่ปูน ต่อมา Villachica และ Raven (1986) พบว่า ดินที่มีการใส่ปูนขาวเพื่อยกระดับ pH เพิ่มขึ้นเป็น 6.4 หรือมากกว่า และดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลก

เปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) มากกว่า 8.0 meq/100 g มีผลทำให้ผลผลิตของมะละกอสูงสุด อิทธิพลของการใส่ปูนนอกจากช่วยยกระดับ pH ของดิน ทำให้มีการละลายของธาตุอาหารในดินเป็นประโยชน์ต่อมะละกอเพิ่มมากขึ้น ยังมีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณธาตุแคลเซียมให้กับมะละกอด้วย ทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นในระยะแรกๆของมะละกอเพิ่มขึ้น มีอัตราการเจริญของเส้นรอบวงและความสูงของลำต้นเพิ่มขึ้น มะละกอที่ได้รับการเพิ่มธาตุแคลเซียมให้โดยตรงมีน้ำหนักราก ลำต้นและใบ จำนวนผล น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ดและค่าความหวาน (brix value) เพิ่มขึ้น (Younge and Plucknett, 1981; Cunha *et al.*, 1983; Awada and Suehisa, 1984; สุรศักดิ์และคณะ, 2531; Aziz-Amed *et al.*, 1992)

ความต้องการธาตุอาหารของมะละกอ

มะละกอต้องการความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นอย่างมากควบคู่ไปกับความต้องการปัจจัยอื่นๆเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ทวีเกียรติ (2533) รายงานว่า ความต้องการธาตุอาหารจากดินของมะละกอในระยะแรกของการเจริญเติบโตมีปริมาณค่อนข้างต่ำ และปริมาณความต้องการจะค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเมื่อมะละกอเข้าสู่ระยะออกดอกครั้งแรก จนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารของผลมะละกอที่เก็บเกี่ยวจากต้น Awada และSuehisa (1970) พบว่า มีลำดับของปริมาณการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปกับผลผลิตมะละกอจากมากไปหาน้อย คือ โปตัสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม และ ฟอสฟอรัส สอดคล้องกับที่ Veerannah และ Selvaraj(1987 อ้างถึงในทวีเกียรติ 2533) พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โปตัสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่มะละกอดูดจากดินไปใช้ ตั้งแต่ปลูกลงดินจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปริมาณเท่ากับ 68.7, 26.6, 205.2, 58.9 และ 31.2 กก.ต่อไร่ตามลำดับ Cunha และ Haag (1980 b) พบว่า มะละกอมีการดูดธาตุอาหารเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของต้น และมีปริมาณการดูดธาตุอาหารเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด เมื่ออายุ 12 เดือนนับจากปลูก โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักและจุลธาตุถูกเคลื่อนย้ายไปกับผลผลิตจำนวน 1 ตันดังนี้ ไนโตรเจน 1770 กรัม ฟอสฟอรัส 800 กรัม โปตัสเซียม 2120 กรัม แคลเซียม 350 กรัม แมกนีเซียม 180 กรัม กำมะถัน 200 กรัม โบรอน 989 มิลลิกรัม ทองแดง 300 มิลลิกรัม เหล็ก 3364 มิลลิกรัม แมงกานีส 1847 มิลลิกรัม สังกะสี 1385 มิลลิกรัม และ โมลิบดินั่ม 8 มิลลิกรัม หากมะละกอได้รับธาตุอาหารจากดินในปริมาณที่ไม่พอเพียงกับความต้องการจะมีผลกระทบกับการเจริญเติบโตและผลผลิตเป็นอย่างมากและแสดงอาการขาดปรากฏให้เห็น Cibes และGaztambide (1978) ศึกษาอาการขาดธาตุอาหารของมะละกอที่ปลูกในทราย (sand culture) พบว่า มะละกอที่**ขาดไนโตรเจน** มีการเจริญเติบโตของส่วนที่เป็นลำต้นเหนือ

ดินลดลงมากที่สุด ลำต้นผอมและแคระแกร็น ข้อปล้องสั้น ใบแก่ระดับล่างๆเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวแกมเหลืองก่อนและเหลืองซีดทั่วทั้งใบในที่สุด หลังจากนั้นใบจะร่วงหล่นอย่างรวดเร็ว และมีรากที่ผอมยาว การ**ขาดฟอสฟอรัส** ทำให้มะละกอมีการเจริญเติบโตทางลำต้นลดลงรองจากการขาดไนโตรเจน อาการขาดเกิดขึ้นกับใบแก่ระดับล่างๆก่อน โดยมีจุดประสีเหลืองตามขอบใบในระยะแรกเมื่ออาการขาดรุนแรงขึ้น พื้นที่จุดประมีการตายของเนื้อเยื่อเกิดขึ้น (necrotic spot) มีมุมใบและขอบใบม้วนงอขึ้น ในที่สุดใบเหล่านี้จะมีสีเหลืองทั่วทั้งใบและร่วงหล่นอย่างรวดเร็ว ใบอ่อนมีขนาดเล็กและมีสีเขียวเข้ม รากจะสั้นและมีจำนวนน้อย การ**ขาดโปตัสเซียม** มีผลทำให้การเจริญเติบโตโดยรวมลดลงรองจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มะละกอที่ขาดโปตัสเซียม มีระบบรากที่ไม่เจริญซึ่งตรงกันข้ามกับการมีการเจริญของลำต้นมาก ทำให้มะละกอที่ขาดโปตัสเซียมมีสัดส่วนของต้น/รากที่กว้าง อาการขาดโปตัสเซียมปรากฏให้เห็นรวดเร็วเช่นกัน อาการขั้นต้นที่บ่งชี้ถึงการขาดโปตัสเซียมคือการมีมุมก้านใบที่เจริญสัมพันธ์กับลำต้นผิดไปจากปกติ โดยที่มะละกอที่เจริญเป็นปกติจะมีมุมก้านใบที่สัมพันธ์กับลำต้นเป็นมุมฉากยกขึ้นเล็กน้อย แต่ในมะละกอที่ขาดโปตัสเซียมมีแนวโน้มที่มีก้านใบทำมุมกับลำต้นในลักษณะเอียงลง ใบแก่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองแกมเขียว ขอบใบจะเกิดอาการตายของเนื้อเยื่อ (necrosis) ใบจะเริ่มแห้งจากปลายใบเข้าหาบริเวณกลางใบ ทำให้มองดูคล้ายกับมีลักษณะต้นรุ่งริ่ง ลำต้นมีสีน้ำตาลแกมเขียว มะละกอที่**ขาดแคลเซียม** จะมีการเจริญเติบโตของลำต้นลดลงมากกว่าการขาดโปตัสเซียม ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวจาง พร้อมกับมีรอยด่างกระจัดกระจายตามพื้นใบ แต่ไม่มีจุดเนื้อเยื่อที่ตาย (necrotic spot) ใบมีแฉกน้อยกว่าใบมะละกอที่ได้รับธาตุอาหารครบปกติ ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองโดยสมบูรณ์เมื่ออาการขาดรุนแรงขึ้น มะละกอที่**ขาดแมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก และแมงกานีส** มีการเจริญเติบโตของลำต้นและรากลดลง มะละกอที่ขาดโปตัสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และแมงกานีส สามารถออกดอกได้ แต่มะละกอที่ขาดโปตัสเซียมและแมงกานีสเท่านั้นที่ยังสามารถติดผลได้ การ**ขาดโบรอน** ต้นมะละกอมียอดผิดปกติ เป็นพุ่มแจ้หรือช่อหงิก จะมีผลที่มีรูปร่างผิดปกติ ผิวขรุขระเป็นตะปุ่มตะป่ำ มียางไหล (Chang *et al.*, 1983; Chan and Raveendranathan, 1984) นอกจากนี้มะละกอที่**ขาดสังกะสี ทองแดง และ โมลิบดินั่ม** ก็มีการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งลดลง (Nautiyal *et al.*, 1986; Agarwala *et al.*, 1986) ดังนั้นการปลูกมะละกอจึงมีความต้องการธาตุอาหารที่ครบถ้วน ต้องการทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอนินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ผลผลิตสูงของมะละกอยิ่งต้องการระดับการใส่ปุ๋ยสูง (Williams *et al.*, 1987)

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอ

1. อิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น

การเจริญเติบโตทางลำต้นของมะละกอมีความสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิต ทวีเกียรติ (2527 ก) กล่าวว่า มะละกอที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้น มีการแตกใบใหม่อยู่เรื่อยๆ ทำให้มะละกอออกดอกอยู่เสมอเป็นการเพิ่มผลผลิตไปในตัว ปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่ประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปตัสเซียม มีบทบาทอย่างสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นของมะละกอ อิทธิพลของการใส่**ปุ๋ยไนโตรเจน** มีผลทำให้ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นมะละกอเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย (Tripathi, 1961; Hussein, 1970; Awada and Long, 1971) Purohit (1977) ทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปตัสเซียม จำนวน 3 ระดับกับมะละกอพันธุ์ Coorg Honey Dew พบว่าไนโตรเจน มีอิทธิพลต่อความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ทั้งนี้การใส่ไนโตรเจนอัตราสูงจะมีผลทำให้ความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นลดลง สอดคล้องกับที่ Awada (1977) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราปานกลาง เพิ่มการเจริญเติบโตของลำต้นมะละกอ ในระยะที่มีการเจริญเติบโตของลำต้นได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตราต่ำและสูง ต่อมา Perez และ Childers (1982) พบว่า มะละกอที่ปลูกในทราย (sand culture) มีความสูงของลำต้น จำนวนข้อของต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ความสดของใบ และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น ตามระดับการเพิ่มของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารที่ให้ เช่นเดียวกับผลงานของ Luna และ Caldas (1984) ที่พบว่าไนโตรเจนช่วยเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นและความสูงของต้นมะละกอ

อิทธิพลของการใส่**ปุ๋ยฟอสฟอรัส** คล้ายคลึงกับไนโตรเจน มีผลทำให้มะละกอมีการเจริญเติบโตทางลำต้นเพิ่มขึ้น Awada และ Long (1969) ทดลองใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 0, 17.2, 35.8, 89.6, และ 179.3 กก.ต่อไร่ กับมะละกอพันธุ์โซโลที่ปลูกด้วยเมล็ด พบว่า มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากที่สุด ในช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโตของลำต้น ใบ และกิ่งก้านสาขา ไปจนถึงระยะสร้างตาดอก โดยมีอัตราการเพิ่มของขนาดเส้นรอบวงลำต้นมาก ซึ่งสอดคล้องกับที่ Purohit (1977) พบว่า การเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส มีผลทำให้มะละกอมีความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นเพิ่มขึ้น ทุกระยะการเจริญเติบโต ต่อมา Reddy และคณะ (1986) ทำการทดลองพบว่าระดับของปุ๋ยไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ที่เพิ่มให้กับมะละกอมีผลกระทบเชิงบวกต่อขนาดความสูงและขนาดของลำต้น เช่นเดียวกับที่ สุรศักดิ์และคณะ (2531) พบว่า ดินปลูกที่ขาดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีผลทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นและน้ำหนักแห้งลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดฟอสฟอรัส

การใส่**ปุ๋ยโปตัสเซียม** มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น Gaillard (1972) และ Purohit (1977) พบว่า การใส่ปุ๋ยโปตัสเซียม มีอิทธิพลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นแต่ไม่มีอิทธิพลต่อความสูงของลำต้น Awada (1977) ทำการทดลอง พบว่า ปุ๋ยโปตัสเซียมช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของลำต้นมะละกอที่มีอายุอยู่ในช่วงเลี้ยงผล งานทดลองปลูกมะละกอในทรายและให้สารละลายธาตุอาหาร โดย Awada และ Suehisa (1985) พบว่า มะละกอมีน้ำหนักราก ลำต้นและใบเพิ่มขึ้นตามระดับโปตัสเซียมที่เพิ่มขึ้น

2. อิทธิพลต่อผลผลิต

การออกดอกติดผลของมะละกอขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักมีบทบาทสำคัญต่อการออกดอกติดผลของมะละกอ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ช่วยทำให้มะละกอออกดอกเร็วขึ้น (Purohit *et al.*, 1979) มะละกอมีผลผลิตเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ (Awada, 1969; Hussein, 1970; Gaillard, 1972) **ปุ๋ยไนโตรเจน** เพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลโดยเฉลี่ยรวมทั้งจำนวนผลขนาดเล็ก (Purohit, 1977; Awada and Long, 1978; Awada *et al.*, 1979; Awada and Long, 1980; Perez and Childers, 1982; Perez - Lopez and Reyes - Jurado, 1983; Awada *et al.*, 1986; Jayaprakash *et al.*, 1989) ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามลำพังมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลมะละกอทำให้ปริมาณน้ำตาลและ total soluble solid ลดลง (Hussein, 1970; Jauhari and Singh, 1971; Purohit, 1977)

ปุ๋ยฟอสฟอรัส มีอิทธิพลต่อการเพิ่มผลผลิตเช่นเดียวกับไนโตรเจน งานทดลองของ De Carvalho (1963) พบว่า มะละกอมีผลตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสระดับต่ำ (ซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 370 กรัมต่อต้น) มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 21 เปอร์เซ็นต์ ต่อมา Purohit (1977) พบว่า อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส 110 กรัมต่อต้นต่อปี ให้ผลผลิตเท่ากับอัตรา 250 กรัมต่อต้นต่อปี ผลผลิตเพิ่มขึ้น 87.2 เปอร์เซ็นต์จากอัตรา 0 กรัมต่อต้นต่อปี เช่นเดียวกับ Awada และ Long (1978) ทดลองใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้กับมะละกอที่อยู่ในระยะออกดอกและเลี้ยงผล พบว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ และเพิ่มจำนวนผลขนาดเล็ก แต่ไม่มีผลกระทบต่อจำนวนผลที่คัดส่งตลาดได้ สอดคล้องกับที่ Purohit และคณะ (1979) กับ Reddy และคณะ (1986) ที่พบว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัส ช่วยปรับปรุงผลผลิตมะละกอเพิ่มจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ และนอกจากนี้ Jayaprakash และคณะ (1989) ยังพบว่า ผลมะละกอมีระดับน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ฟอสฟอรัส

สำหรับการใส่ **ปุ๋ยโปตัสเซียม** มีบทบาทในการเพิ่มจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ น้ำหนักของผลและช่วยปรับปรุงคุณภาพผลผลิตมะละกอ งานทดลองปุ๋ยของ Awada และ Long (1971) พบว่า การเพิ่มอัตราปุ๋ยโปตัสเซียม จาก 0 กรัมต่อต้นเป็น 94.4 และ 235.6 กรัมต่อต้น มีผลทำให้จำนวนผล

ที่เก็บเกี่ยวได้มีปริมาณเท่ากับ 107, 186 และ 174 ผลต่อต้น ตามลำดับ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีขนาดน้ำหนักของผลเฉลี่ย เท่ากับ 416.3, 497.5 และ 505.7 กรัมตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ของ soluble solid เท่ากับ 12.7, 13.2 และ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับที่ Jauhari และ Singh (1971) พบว่า การใส่ปุ๋ยโปตัสเซียมในระดับสูงร่วมกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มะละกอมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดรวมทั้ง มีปริมาณน้ำตาล และ total soluble solid ในผลมะละกอเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ Purohit (1977) พบว่า มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโปตัสเซียม อัตรา 0, 415 และ 830 กรัมต่อต้นต่อปี มีผลผลิตรวม เท่ากับ 14.5, 25.8 และ 14.2 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และมีจำนวนผลต่อต้นเท่ากับ 34, 48 และ 34 ผล มีการลดลงของผลผลิตในอัตราการใส่ปุ๋ยโปตัสเซียมระดับสูง ซึ่งคล้ายคลึงกับผลการทดลองของ Awada และ Long (1971) และมีความแตกต่างทางสถิติของปริมาณ total soluble solid ในผลมะละกออันเป็นผลจากการเพิ่มปุ๋ยโปตัสเซียม โดยมีค่าเท่ากับ 7.6, 11.9 และ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอ

มีงานทดลองการใส่ปุ๋ยคอกกับมะละกอค่อนข้างน้อย โดยมากนิยมใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นร่วมกับการใส่ปุ๋ยอนินทรีย์ Page (1966) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกกับมะละกอที่มีอายุน้อย ทำให้มะละกอมีการดูดธาตุอาหารโดยรวมดีขึ้น มีขนาดและการเจริญเติบโตดีกว่ามะละกอที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอก แต่ได้รับการใส่ปุ๋ยอนินทรีย์เพียงอย่างเดียว พืชมีน้ำหนักแห้งสูงกว่า รวมทั้งดินมี pH สูงกว่า ต่อมา Das และคณะ (1981) ทำการทดลองใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอนินทรีย์ที่มีไนโตรเจน (N) : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โปตัสเซียม (K_2O) อัตรา 200:300:200 กรัมต่อต้น กับมะละกออายุ 32 วัน พบว่า มะละกอให้ผลผลิตดีกว่าการใส่ปุ๋ยคอกเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับ สุรศักดิ์ และคณะ (2531) ทำการทดลองปุ๋ยกับมะละกอในแปลงเกษตรกร พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี มะละกอให้ผลผลิตดีกว่าการใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว สนั่น และคณะ (2536) รายงานผลการทดลองใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของปุ๋ยคอก 3 ระดับ อัตรา 0, 4 และ 8 กก.ต่อต้นต่อปี ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 จำนวน 6 ระดับในดินชุดสตึก พบว่า การเพิ่มอัตราปุ๋ยคอกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของขนาดทรงพุ่มและความสูงของต้นมะละกอ อัตราปุ๋ยคอก 4 กก.ต่อต้นต่อปี ทำให้มะละกอมีความสูงของลำต้นมากที่สุด การเพิ่มอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทำให้จำนวนผลต่อต้นเพิ่มมากขึ้น ดังนี้ 7, 10 และ 11 ผลต่อต้นต่อปีตามลำดับ อัตราปุ๋ยคอก 4 กก.ต่อต้นต่อปี ร่วมกับปุ๋ยเคมี 600 กรัมต่อต้นต่อปี ให้ผลผลิตมะละกอสูงสุด คือ 13 กก.ต่อต้น

สำหรับปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอก (มูลโค) ของประเทศไทย ยงยุทธ (2528) รายงานว่าปุ๋ยคอก มีปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโปตัสเซียม (K_2O) ระหว่าง 0.86-1.32,

0.32-0.58 และ 0.80-2.21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีเกณฑ์เฉลี่ย เท่ากับ 1.1, 0.4 และ 1.6เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ศุภมาศ, 2527) และในปุ๋ยคอก 1 ตันมีธาตุรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ประมาณ 1.0-33.5, 0.7-2.6 และ 0.4-2.8 กก.ตามลำดับ และมีจุลธาตุต่างๆ ประกอบด้วย เหล็ก สังกะสี โบรอน แมงกานีส ทองแดง และ โมลิบดินั่ม ประมาณ 36.3-422.2, 13.6-81.7, 9.1-54.5, 4.5-81.7, 4.5-13.6 และ 0.45-5.0 กรัมตามลำดับ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยมูลโคจำนวน 1 ตัน จะได้ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโปตัสเซียม (K_2O) เท่ากับ 11, 5 และ 15 กก.ตามลำดับ (ศุภมาศ, 2527) Lahav (1973) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกในปริมาณมากกับกล้วย มีประสิทธิภาพเทียบเท่าปุ๋ยเคมี ผลการทดลองใส่ปุ๋ยคอกในอัตราสูง เท่ากับ 12.8 ม.^{3} ต่อไร่ต่อปี ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของกล้วย เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 192 และ 256 กก.ต่อไร่ต่อปีจะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ข้อได้เปรียบของการใส่ปุ๋ยคอกอัตราสูง คือ กล้วยมีหน่อขนาดใหญ่กว่า มีวันออกดอกเร็วขึ้น และให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่ำและปานกลาง (6.4 และ 9.6 ม.^{3} ต่อไร่ต่อปี)

อัตราและระยะเวลาของการใส่ปุ๋ย

มะละกอมีความต้องการปุ๋ยเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ปริมาณความต้องการขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน แหล่งปลูก วิธีเขตกรรมและอายุของพืช (วิจิตร, 2517) De Carvalho (1966) ทำการทดลองเกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยให้แก่มะละกอในประเทศบราซิล และแนะนำว่าก่อนปลูกมะละกอ ควรใช้กากปลาหรือกากผลไม้ หรือมูลไก่ จำนวน 3 ลิตรผสมกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต 200 กรัม ในการปลูกมะละกอ 1 หลุม เมื่อมะละกอเจริญเติบโตถึงระยะออกดอก แนะนำให้ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต จำนวน 50 กรัม, ซูเปอร์ฟอสเฟต 250 กรัม ร่วมกับกากปลาหรือกากผลไม้หรือมูลไก่ จำนวน 3 ลิตรต่อต้น Ito และคณะ (1969) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยสมบูรณ์ที่มีธาตุอาหารหลักครบรองก้นหลุมก่อนปลูก และใส่ปุ๋ยเกรด 10-10-10 อัตรา 227-454 กรัมต่อต้นในช่วงออกดอกกับมะละกอที่ปลูกในฮาวาย Purohit และคณะ (1979) ทดลองปลูกมะละกอภายใต้สภาวะน้ำฝน ในดินที่มีอินทรียวัตถุอุดมสมบูรณ์และมีโปตัสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้สูง พบว่า การใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ อย่างละ 250 กรัมต่อต้นต่อปี โดยมีการแบ่งใส่ 3 ครั้ง เป็นอัตราการใส่ปุ๋ยที่ดีที่สุดสำหรับสภาวะดังกล่าว งานทดลองภายใต้สภาพแปลงปลูกส่วนใหญ่ พบว่า ความต้องการปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม สำหรับการให้ผลผลิตสูงสุดอยู่ระหว่าง 140-250, 70-375, และ 140-500 กรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ (Hussein, 1970; Jauhari and Singh, 1971; Gaillard, 1972; Purohit, 1977; Das *et al.*, 1981; Luna and Caldas, 1984; Reddy *et al.*, 1986; Jayaprakash *et al.*, 1989) การกำหนดใช้สูตร

หรือเกรดปุ๋ยจึงมีความแตกต่างกันตามสภาพท้องที่และลักษณะของดินตลอดจนช่วงอายุของมะละกอ ที่ฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา แนะนำให้ใช้ปุ๋ยเกรด 4:8:5 (N:P:K) อัตรา 0.1 กก.ต่อต้นใส่ทุกช่วง 2 สัปดาห์ในระยะ 6 เดือนแรก และหลังจากนั้นให้ในอัตรา 0.2 กก.ต่อต้นในความถี่เดียวกัน ส่วนในควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย แนะนำให้ใช้ปุ๋ยเกรด 12:34:12 (N:P:K) อัตรา 200 กก.ต่อไร่ หว่านและไถกลบก่อนปลูก และใส่ปุ๋ยหลังปลูกทุกช่วง 2 เดือน ด้วยปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กก.ไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ควรผสมกับดินในหลุมปลูกและให้เพิ่มเติมประจำปี (Williams, 1975; Samson, 1980) ส่วน Das และคณะ (1981) ศึกษาอิทธิพลของเวลาในการใส่ปุ๋ยและอัตราของปุ๋ยที่ใส่ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลกับต้นกล้ามะละกอพันธุ์ CO.2 โดยใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม อัตรา 200:300:200 กรัมต่อต้น แบ่งใส่เป็นช่วงๆ เปรียบเทียบกับการใส่ขณะปลูกครั้งเดียว พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมในปริมาณทั้งหมดขณะปลูกให้ผลดีที่สุด สำหรับการใช้ปุ๋ยมะละกอในประเทศไทย นิยมใช้ปุ๋ยผสมสำเร็จเกรดต่างๆดังนี้ ประเสริฐและคณะ (2521) รายงานผลการทดลองปุ๋ยมะละกอ พบว่า ปุ๋ยเกรด 10-10-20 เป็นเกรดปุ๋ยที่เหมาะสมของมะละกอ โดยใส่ร่วมกับปุ๋ยคอกจำนวน 5 กก. ต่อต้น มะละกอให้จำนวนผลมากที่สุด (116 ผลต่อต้น) และผลมะละกอมีความหวานมากที่สุด (10.10 องศาบริกซ์) ต่อมาประเสริฐและคณะ (2524) ศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งและการแบ่งใส่ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอ พบว่า การใช้ปุ๋ยเกรด 10-10-20 อัตรา 100 กก.ต่อไร่ แบ่งใส่ปุ๋ย 4 ครั้งต่อปี ทุกช่วง 3 เดือน ทำให้มะละกอมีผลผลิตสูงสุด ทรงยศ (2527) รายงานว่า ดินปลูกมะละกอ ควรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงดินให้ร่วนซุย การใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์เกรด 10-10-10 หรือ 15-15-15 แบ่งใส่ ทุกช่วง 2-3 เดือน โดยใส่ครั้งแรกหลังปลูกแล้วประมาณ 2-3 สัปดาห์ ปริมาณการใส่ครั้งละ 100-200 กรัมต่อต้น ฉลองชัย (2531) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยรองพื้นก้นหลุมปลูก ยังไม่พอเพียงกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอ ต้องมีการให้ปุ๋ยเสริมเพิ่มขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์ควรใส่หลังปลูกแล้ว 2-3 เดือน โดยแบ่งใส่ 3-4 ครั้งในรอบ 1 ปี ครั้งละประมาณ 5 กก. ต่อต้น ปุ๋ยวิทยาศาสตร์อาจใช้ปุ๋ยทางใบเกรด 21-21-21 ชนิดที่มีธาตุอาหารรอง ฉีดพ่นทุก 14 วันต่อครั้งหลังย้ายปลูก อัตรา 5 ช้อนต่อน้ำ 20 ลิตร หรืออาจใช้ปุ๋ยทางดินเกรด 15-15-15 อัตรา 100 กรัมผสมกับปุ๋ยยูเรียอัตรา 50 กรัมต่อต้น หว่านรอบต้นพรวนดินกลบและรดน้ำตาม ส่วนสันทนา (2531) แนะนำว่า การปลูกมะละกอควรใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับสภาพดินปลูก ช่วยให้พืชดูดใช้ปุ๋ยเคมีได้ดีขึ้น โดยสามารถใส่ตั้งแต่เตรียมดินในแปลงปลูก ในหลุมปลูกและหลังปลูกทุกปี การใส่ปุ๋ยเคมีเริ่มใส่ตั้งแต่หลังย้ายกล้าปลูก 2 - 3 สัปดาห์ โดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง เช่น ยูเรีย แอมโมเนียม ซัลเฟต อัตรา 1 ช้อนชาต่อต้นในระยะแรกและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมะละกอติดดอก จึงใส่ปุ๋ยครบสูตรหรือเกรดทุก 3-4 สัปดาห์ ปริมาณการใส่แตกต่างกัน

ตามอายุ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีษะเกษ (2539) แนะนำการใส่ปุ๋ยมะละกอพันธุ์แขกดำ โดยใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกด้วยปุ๋ยคอกประมาณครึ่งปี๊บและหินฟอสเฟต อัตรา 150 - 220 กรัมต่อหลุม ร่วมกับปุ๋ยเกรด 15-15-15 และใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมหลังปลูก โดยใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ครั้งละครึ่งปี๊บต่อต้น จำนวน 3 - 4 ครั้งต่อปี ส่วนปุ๋ยเคมีใช้ปุ๋ยเกรด 15-15-15 อัตรา 50 กรัมต่อต้น ใส่หลังย้ายปลูกแล้ว 1 เดือน และใส่ทุกเดือนจนถึงเดือนที่ 3 จึงเพิ่มเป็นอัตรา 100 กรัมต่อต้นทุกเดือน เมื่อมะละกอเริ่มติดผล แนะนำให้ใส่ปุ๋ยเพิ่มโดยใช้ปุ๋ยเกรด 15-15-15 อัตรา 100 กรัมร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 50 กรัมต่อต้น การใส่ปุ๋ยหว่านให้ห่างจากโคนต้นแล้วใช้ดินกลบ อาจมีการให้ปุ๋ยทางใบ ได้แก่ ปุ๋ยเกรด 21-21-21 ชนิดที่มีธาตุอาหารรองฉีดพ่นทุก 2 สัปดาห์ อัตรา 5 ช้อนแกงต่อน้ำ 20 ลิตร ส่วนการใช้ปุ๋ยมะละกอในแปลงเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร (2532) รายงานการใส่ปุ๋ยมะละกอของเกษตรกรรายใหญ่ที่ผลิตมะละกอเพื่อส่งออก โดยใส่ปุ๋ยคอกจำพวกมูลโคหรือมูลไก่ ในการเตรียมดินปลูก การใส่ปุ๋ยหลังปลูกแล้ว สวนที่ผลิตมะละกอคุณภาพดี มักใช้ปุ๋ยมูลค้างคาวเป็นหลัก และใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 20-20-0 อัตรา 500 กรัมต่อต้นต่อเดือน เพื่อเร่งต้นและเร่งดอก เมื่อมะละกอเริ่มออกดอกจึงใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 2 กก.ต่อต้นต่อปี เพื่อเร่งให้ติดผลเพิ่มขึ้น โดยแบ่งใส่เดือนละครั้งไปจนถึงระยะที่มะละกอเริ่มติดผล จึงใส่ปุ๋ยเกรด 16-16-16 อัตรา 5 กก.ต่อต้นต่อปี แบ่งใส่เดือนละครั้งไปจนถึงระยะที่ผลเริ่มโตเต็มที่ ส่วนการใช้ปุ๋ยในสวนที่ผลิตมะละกอไม่มีคุณภาพ จะใส่ปุ๋ยเกรด 20-10-10 อัตรา 500 กรัมต่อต้นต่อปีในช่วงฤดูฝน และใส่ปุ๋ยยูเรียในช่วงฤดูแล้ง อัตรา 500 กรัมต่อต้นต่อปีเช่นกัน โดยมีการแบ่งใส่เดือนละครั้ง

การเพิ่มธาตุอาหารชนิดใดให้กับพืช จะทำให้มีธาตุอาหารชนิดนั้นในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของพืชเพิ่มขึ้นจนถึงความเข้มข้นที่จุดหนึ่ง ถึงแม้จะมีการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารนั้นให้กับพืชอีก การตอบสนองของพืชในแง่ของการเจริญเติบโตและผลผลิตจะไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไป ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช ณ จุดนี้คือ ความเข้มข้นวิกฤติ (critical concentration) (สุรศักดิ์ และคณะ, 2531) งานศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อมะละกอกับการเจริญเติบโตหรือผลผลิตสูงสุด พบว่า ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม ในก้านใบที่มีการพัฒนาเต็มที่ (recently mature) ของมะละกอ มีความสัมพันธ์กับผลผลิต (Awada and Long, 1969; Awada, 1969; Awada and Long, 1971; Reddy *et al.*, 1986) ค่าความเข้มข้นวิกฤติของไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 1.245-2.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Godoy *et al.*, 1968 ; Awada, 1969 ; Awada and Long, 1978 ; Awada and Long, 1980 ; Perez and Childers, 1982 ; Perez - Lopez and Reyes - Jurado, 1983) สำหรับฟอสฟอรัส มีค่าระหว่าง 0.125-0.251 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Munoz *et al.*, 1968 ; Awada and Long, 1969 ; Awada, 1976 ; Awada and Long, 1978) ส่วนโปตัสเซียม มีค่าระหว่าง 2.52-3.61 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Awada and Long,

1971 ; Awada and Long, 1980) ความเข้มข้นวิกฤติของแคลเซียม มีค่าระหว่าง 0.5-0.61 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Awada and Suehisa, 1984) สำหรับแมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 0.22 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Awada and Suehisa, 1985) และโบรอน มีค่าระหว่าง 20-30 ppm (Munoz *et al.*, 1968 ; Chapman *et al.*, 1978 ; Chang *et al.*, 1983) ต่อมา Bowen (1992) กำหนดค่าความเข้มข้นวิกฤติของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม และแคลเซียม ดังนี้ 1.28, 0.185, 2.78 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ สำหรับ Reuter และ Robinson (1986) กำหนดเป็นช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารในระดับที่พอเพียงดังนี้ ไนโตรเจน 1.3-2.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ โปตัสเซียม 3.0-6.0 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 1.0-2.5 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ และโบรอน 20-50 ppm

อิทธิพลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีต่อคุณสมบัติของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าการใส่ปุ๋ยคอกมีข้อได้เปรียบของการเพิ่มผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมี นอกจากมีธาตุอาหารหลักและจุลธาตุในองค์ประกอบแล้ว ปุ๋ยคอกยังมีอิทธิพลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินซึ่งไม่มีในการใส่ปุ๋ยเคมี (Oikeh and Asiegbu,1993) Hafez (1974) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกในดินร่วนปนทราย มีผลทำให้ดินมีความคงทนของเม็ดดิน (water-stable aggregate) และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน(water-holding capacity) เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองที่ Tiarks และคณะ (1974) พบว่า การไถกลบปุ๋ยคอกอัตรา 0, 14.4, 28.8 หรือ 57.6 ตันต่อไร่ ลงในดินร่วนเหนียวปนตะกอน ที่ระดับความลึกของดิน 10, 20 และ 30 ซม. ภายหลังการใส่ปุ๋ยคอกเป็นเวลา 2 ปี ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตราสูงสุดที่ระดับความลึก 10 ซม.ดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic C) เพิ่มขึ้นจาก 2 เปอร์เซ็นต์ เป็น 5 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่นของอนุภาคดิน (particle density) ลดลงจาก 2.63 เป็น 2.50 กรัม ต่อ ซม.^{3} มีค่าเฉลี่ยขนาดของเม็ดดิน (geometric mean diameter) เพิ่มขึ้นจาก 80 เป็น 800 μm. และดินมีค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) ลดลงจาก 1.05 เป็น 0.90 กรัม ต่อ ซม.^{3} อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อคุณสมบัติของดินดังกล่าวจะลดลงเมื่อระดับความลึกของการไถพรวนเพิ่มขึ้น

Mazurak และคณะ (1977) ทำการศึกษาเพิ่มเติม พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกจากวัวเนื้อ (beef cattle manure) อัตรา 0, 28.8 และ 57.6 เมตริกตันต่อไร่ ลงในดินร่วนปนตะกอน โดยใส่ติดต่อกันเป็นเวลา 3 ปี ทำให้ดินมีจำนวนเปอร์เซ็นต์ความคงทนของเม็ดดิน ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง > 295 μm. เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 47, 52 และ 61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อแช่ในน้ำเป็นเวลา 2 นาที และมีค่าเท่ากับ 23, 26 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อแช่ในน้ำเป็นเวลา 20

นาที ในทางกลับกันเม็ดดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18.5 - 295 μm. และ < 18.5 μm. มีปริมาณลดลงตามอัตราการใส่ปุ๋ยคอก ซึ่งผลของการมีความคงทนของเม็ดดินเพิ่มขึ้น ทำให้ดินมีความจุความชื้น การซาบซึมน้ำ และปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น (เกรียงไกร และคณะ, 2524; Sanchez, 1976; Sweeten and Mathers, 1985)

Sommerfeldt และChang (1985) ศึกษาอิทธิพลการใส่ปุ๋ยคอกและวิธีการไถกลบลงในดินระยะยาว พบว่า ที่ระดับความลึกของดิน 0-15 ซม. ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของปุ๋ยคอกที่ใส่ และมีสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) กับอัตราปุ๋ยคอก (M) ดังสมการ OM = 2.06 + 0.025 M ; r = 0.99 ทำให้มีการลดลงของค่าความหนาแน่นรวมของดินตามอัตราการเพิ่มขึ้นของปุ๋ยคอก โดยพบว่า วิธีการไถกลบปุ๋ยคอกลงในดินที่ระดับความลึกประมาณ 8 ซม. ทำให้มีอิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อความหนาแน่นรวมของดินมากที่สุด ส่วนวิธีการไถกลบโดยฝังปุ๋ยคอกที่ระดับความลึกของผานไถประมาณ 20 ซม. ทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมต่ำที่สุด มีสหสัมพันธ์ในเชิงกลับกันของความหนาแน่นรวมของดิน (d_b) กับอัตราปุ๋ยคอก (M) ดังสมการ d_b = 1.01 - 0.002 M ; r = -0.76 การมีระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นและมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น (Brady, 1984) ส่วน MacRae และ Mehuys (1985) รายงานว่า ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน (Plant Available Water Content : PAWC) อาจไม่ได้เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรียวัตถุ และอินทรียวัตถุจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (PAWC) ก็ต่อเมื่อดินนั้นมีปริมาณดินเหนียว < 15 เปอร์เซ็นต์ ต่อมา Sommerfeldt และ Chang (1987) ทำการทดลองโดยใส่ปุ๋ยคอกจากวัวเนื้อขุนกับดินร่วนเหนียว ในอัตรา 0, 4.8, 9.6, 19.2 และ 28.8 ตันต่อไร่ ในพื้นที่ไม่มีการชลประทาน และอัตรา 0, 9.6, 19.2 และ 28.8 ตันต่อไร่ ในพื้นที่มีการให้น้ำชลประทาน พบว่า ในระดับความลึก 0-15 ซม. มีปริมาตรของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (PAWC) โดยเฉลี่ย ที่ดินกักเก็บไว้ด้วยแรงดึงน้ำ (tension) ระหว่าง 20 kPa-1500 kPa ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยคอกทั้งในดินที่ได้รับการให้น้ำชลประทานและไม่มีการให้น้ำชลประทาน มีสหสัมพันธ์ดังนี้ PAWC = 5.58 + (8.36)/ OM โดยให้เหตุผลว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้น ไม่ได้เพิ่มความจุของดินที่จะเก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ยกเว้นในดินทราย ถึงแม้ว่าดินอาจมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นก็ตาม เพราะว่าส่วนใหญ่ของน้ำในดินถูกเก็บกักไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ และถูกยึดไว้ด้วยค่าของแรงดึงน้ำ (tension) ที่สูงกว่าระดับจุดเหี่ยวเฉา (Permanent Wilting Point, PWP) ดังนั้น การระบุปริมาณน้ำที่ดินดูดยึดไว้ โดยใช้เกณฑ์ปริมาตรจึงมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Tester (1990) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำทิ้ง (sewage sludge compost) ในระยะยาวกับดินทรายร่วนที่มีเปอร์เซ็นต์ทราย 97 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ดินมีค่าความแข็ง (strength), ค่า

ความหนาแน่นรวมลดลง และทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water retention) และพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคดิน (specific surface area) เพิ่มขึ้น ดินทรายที่ได้รับการใส่ปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำทิ้ง อัตรา 0, 9.6, 19.2 และ 38.4 ตันต่อไร่ มีค่าความแข็งของดิน (penetrometer resistance) เท่ากับ 1752 $\pm$ 8, 1334 $\pm$ 36, 1207 $\pm$ 52 และ 1085 $\pm$ 45 kPa ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีค่าความแข็งของดิน เท่ากับ 1575 $\pm$ 72 kPa Bhatnagar และคณะ (1992) ทดลองใส่ปุ๋ยระยะยาวเป็นเวลา 15 ปี กับดินร่วนปนทราย โดยมีทรีตเม้นท์ของการใส่ปุ๋ยประกอบด้วย ไม่ใส่ปุ๋ย(control), N-P, N-K, N-P-K, N + ปุ๋ยคอก 1.6 ตันต่อไร่ และ N-P-K + ปุ๋ยคอก 1.6 ตันต่อไร่ พบว่า การใส่ปุ๋ย N-P-K + ปุ๋ยคอก มีผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินบนลดลงมากที่สุดมีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย (control) และดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอย่างต่อเนื่องทุกปีมีความพรุน (porosity) เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เท่ากับ 26.5 และ 32.3 เปอร์เซ็นต์ ในทรีตเม้นท์ที่มีการใส่ N + ปุ๋ยคอกและ N-P-K + ปุ๋ยคอก ตามลำดับ Thompson และคณะ (1987) พบว่า มีสหสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรากกับค่าความแข็งของดิน ที่วัดโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Cone penetrometer (R^2 = 0.73) และกับค่าความหนาแน่นรวมของดิน (R^2 = 0.81) โดยก่อนหน้านี้ Vepraskas (1988) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นรวมของดินกับการหยุดชงักของ การเจริญเติบโตของราก พบว่า ความหนาแน่นของรากยาสูบที่ขึ้นเจริญเติบโตในดินทราย ดินทรายร่วน ดินร่วนปนทราย และ ดินร่วนเหนียวปนทรายมีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อดินดังกล่าวมีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 1.85, 1.82, 1.81 และ 1.80 กรัมต่อ ซม.^{3} ตามลำดับ

อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินที่สำคัญบางประการ

1. การเพิ่มขึ้นของ pH ของดิน

Olsen และคณะ (1970) ทดลองใส่ปุ๋ยคอกจากวัวนม พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มระดับ pH ของดิน ต่อมา Vitosh และคณะ (1973) ทดลองใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่างๆร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่า การใส่ปุ๋ยคอก อัตราสูงขึ้นมีผลทำให้ดินมี pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีธาตุประจุบวกที่เป็นด่าง(basic cations)ในตัวปุ๋ยคอกเอง ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี จะมีธาตุประจุบวกที่เป็นด่างมากกว่าดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว วนิชย์ และคณะ (2523) ทดลองใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 5 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 13-13-21 อัตรา 50 กก.ต่อไร่กับดินชุดโคราช พบว่า ดินมี pH สูงขึ้น และมีความแตกต่างทางสถิติจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว Miller และคณะ (1985) ทดลองใส่ปุ๋ยคอกจากหมูอัตรา 16 ตันต่อไร่ พบว่า ดินมีค่า redox potential ลดลงและดินมี pH เพิ่มขึ้นทันทีหลังการใส่ปุ๋ยคอก เป็นผลจากการมี pH สูงในตัวปุ๋ยคอก (pH = 7.8) สอดคล้องกับที่

Vityakon และ คณะ (1988) ซึ่งทำการทดลองและพบว่า การใส่ปุ๋ยคอกกับดินชุดร้อยเอ็ด มีผลทำให้ pH ของดินสูงขึ้น เนื่องจากปุ๋ยคอกมีปริมาณ exchangeable base สูงทำให้มี pH ในตัวปุ๋ยคอกสูงถึง 8.8 ต่อมาสุรศักดิ์และปัทมา (2532) ทดลองใส่อินทรียวัตถุชนิดต่างๆ ได้แก่ มูลโค, มูลไก่, ใบถั่วลิสง, ใบกระถินณรงค์, ใบยูคาลิปตัสกับดินชุดยโสธร พบว่า อินทรียวัตถุชนิดต่างๆมีผลทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและแปลงควบคุม ในปีเดียวกัน Vityakon และ Seripong (1988) ทดลองใส่ปุ๋ยมูลโค อัตรา 0, 3.2, 6.4, 9.6, 12.8 และ 16 ตันต่อไร่ กับดินชุดราชบุรีและร้อยเอ็ด พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคมีผลทำให้ pH ของดินทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของดินกับผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกทดลองในดินชุดร้อยเอ็ด ($r = 0.92$) สูงกว่าในดินชุดราชบุรี ($r = 0.77$) เช่นเดียวกับ Seripong (1991) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกกับดินชุดยโสธรทำให้ดินมีค่า pH ของดินสูงขึ้นตามอัตราการใส่ที่เพิ่มขึ้น Saghin และคณะ (1992) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกในดิน lithic alluvial มีผลทำให้ความเป็นกรดของดินลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณปุ๋ยคอกที่ใส่ โดยมีการเพิ่มขึ้นของค่า pH เท่ากับ 0.1 หน่วยต่อปริมาณปุ๋ยคอกที่ใส่ 1 ตัน ทำนองเดียวกับที่ กฤษฎิ์ (2537) รายงานผลการทดลองใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนในดินชุดยโสธร พบว่า ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยคอก มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับการใส่ปุ๋ยคอกตั้งแต่ 3 ตันต่อไร่ขึ้นไป Pavan (1993) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกทั้งในรูปที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว (biodigest cattle manure) และปุ๋ยคอกที่ยังไม่ผ่านการย่อยสลาย (ordinary cattle manure) มีผลทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น ปุ๋ยคอกที่ยังไม่ผ่านการย่อยสลาย เพิ่ม pH ให้กับดินได้มากกว่าปุ๋ยคอกที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี (N,P,K) เพิ่มความเป็นกรดของดิน ทั้งนี้ การใส่อินทรียวัตุอื่นๆ ก็มีผลทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น สมบูรณ์ และคณะ (2528) ทดลองใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว, activated sludge จากโรงงานเบียร์, sludge จากโรงงานสุรา, filter cake และกากละหุ่ง ในดินนาชุดรังสิตและร้อยเอ็ดที่มี pH 4.5 และ 5.4 ตามลำดับ พบว่า อินทรียวัสดุเหลือใช้ทุกชนิดช่วยเพิ่ม pH ของดินนาให้สูงขึ้น Tester (1990) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำทิ้ง (sewage sludge compost) อัตราสูง (38.4 ตันต่อไร่) ติดต่อกันเป็นเวลา 5 ปี ทำให้ pH ของดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ตามระดับความลึกของโปรไฟล์ดินมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

2. การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน

การใส่ปุ๋ยคอกเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้กับดิน Tester (1990) ทดลองใส่ปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำทิ้งกับดินทรายร่วน อัตรา 5.2, 10.7, 21.4 และ 42.8 ตันต่อไร่ ภายหลังการใส่เป็นเวลา 4 ปี ประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้ เท่ากับ 41.1, 67.5, 109.6 และ 193.8 กรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมี 21.4 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพียง 16.9 กรัมต่อกิโลกรัม

Sommerfeldt และคณะ (1988) ทดลองใส่ปุ๋ยคอกกับดินร่วนเหนียว อัตรา 0, 4.8, 9.6, 14.4 ตันต่อไร่ ในสภาพไม่มีการให้น้ำชลประทาน และอัตรา 0, 9.6, 19.2, 28.8 ตันต่อไร่ ในสภาพมีการให้น้ำชลประทาน ใส่ปุ๋ยคอกประจำทุกปีตั้งแต่ปี 1973-1983 พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุในดินในช่วง 8 ปีแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ในช่วง 6 ปีแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ที่มีความแตกต่างทางสถิตินี้จะจำกัดอยู่เฉพาะบริเวณ 0-30 ซม.จากผิวดินเท่านั้น Seripong (1991) ทดลองใส่ปุ๋ยคอกให้กับดินยโสธรในระดับ 0, 0.6, 1.2 และ 1.8 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นตามระดับของปุ๋ยคอกที่ใส่ ดังนี้ 0.88, 1.06, 1.19 และ 1.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Thompson และคณะ (1989) ทำการทดลองพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic C) ในดินมีส่วนสนับสนุนให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกทั้งหมดของดิน และเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area : SSA) ของดินประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวจำเพาะทั้งหมดของดิน การใส่ปุ๋ยคอกเพิ่มฮิวมัสให้กับดิน และฮิวมัสเป็นสารคอลลอยด์ที่เพิ่มประจุลบมีผลทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2528; Stevenson, 1982) Kapland และ Ester (1985) พบว่า มีสหสัมพันธ์ระหว่างอินทรียวัตถุในดินกับค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (r = 0.87) สอดคล้องกับ ปัทมา (2534) ที่พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุของดินกับความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (r = 0.728) และมีความสัมพันธ์ระหว่างกันเชิงเส้นตรง (Y = 1.64 + 5.67 X) เพิ่มพูน (2528) กล่าวว่า การมีฮิวมัสในดินเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นประมาณ 2 meq/100 g และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกนี้ผันแปรตาม pH ได้ (Pratt, 1961: Helling *et al.*, 1964) การเพิ่มขึ้นของ pH ของดิน ทำให้ประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) ในส่วนที่เป็น organic ligands มีการแตกตัวเพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มประจุลบของดิน ขณะเดียวกันจะมีการรวมตัวของอะลูมินั่มและเหล็กกับอนุมูลไฮดร็อกซิล (OH^-)ในสารละลายดิน ทำให้ประจุบวกของดินลดลง ดินมีประจุลบเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้น (Helyar and Anderson, 1974; Adams, 1981 อ้างถึงใน กฤษฎิ์, 2537) ส่วนวงศ์วีระ (2533) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกให้แก่ดินชุดโคราช อัตรา 2 ตันต่อไร่ขึ้นไป มีผลทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การลดลงของปริมาณ Al ในดิน

ผลของการสลายตัวของอินทรียวัตถุหรือปุ๋ยคอกที่ใส่ลงในดิน ทำให้มีกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริค, อ๊อกซาลิค, ทาร์ทาร์ลิค ตลอดจนสารประกอบอินทรีย์อื่นๆเกิดขึ้น สารประกอบอินทรีย์

หอสมุดกลาง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ว
S
๑๕๕๒

เหล่านี้มี active group เช่น carboxylic group ที่แตกตัวให้ประจุลบเข้ารวมตัวกับเหล็ก และอะลูมินั่ม เกิดเป็นสารประกอบคีเลท (chelate) ขึ้นทำให้ปริมาณของเหล็ก และ อะลูมินั่มในสารละลายดินมีปริมาณลดลง ลดความเป็นพิษที่มีต่อพืช (Hue *et al.*, 1986; Schnitzer, 1969; Kamprath, 1970; Olsen *et al.*, 1970; Kapland and Ester, 1985) Wahab และ Lugo-Lopez (1980) ศึกษาบทบาทของอินทรียวัตถุที่มีต่อ immobilization ของอะลูมินั่มในดิน Ultisol ที่เป็นกรด โดยใส่ใบกาแฟแห้งที่บดละเอียดหรือหญ้าแพนโกล่า (pangola grass) อัตรา 1, 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการใส่ $Ca(OH)_2$ อัตรา 1, 3, 5 และ 7 meq/100 g ของน้ำหนักดินแห้ง พบว่า ดินมี pH เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่อินทรียวัตถุหรือ $Ca(OH)_2$ มีการลดลงของความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่ม (% Al saturation) ของดิน ใบกาแฟแห้งบดละเอียดสามารถลดความเป็นกรดและอะลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ ของดินได้มากกว่าการใส่หญ้าแพนโกล่าและ $Ca(OH)_2$ Seripong (1991) ทดลองใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 0, 0.6, 1.2 และ 1.8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่อะลูมินั่ม อัตรา 0, 37, 74 และ 111 mg/kg เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของถั่วพุ่มที่ปลูกในดินชุดยโสธรภายใต้สภาวะที่มีการเพิ่มขึ้นของ Al stress พบว่า การเจริญเติบโตและการเกิดปมรากของถั่วพุ่มถูกยับยั้งเมื่อมีอะลูมินั่มเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยคอกมีผลทำให้ pH และปริมาณอินทรียวัตถุของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกันระดับอะลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ และความอิ่มตัวด้วยอะลูมินั่มของดินลดลงตามอัตราการเพิ่มขึ้นของปุ๋ยคอกที่ใส่ให้ Mnkoni และ Mackenzie (1985) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกให้แก่ดินไร่ทั้งในส่วนที่เป็นดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ที่มีระดับอะลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ ก่อนใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 1.53 และ 1.23 meq/100 g ตามลำดับ ภายหลังการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 20 กรัม/กระถางทดลอง ทำให้มีระดับอะลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงเหลือ เท่ากับ 0.35 และ 0.59 meq/100 g ของดินตามลำดับ เนื่องจากมีการทำปฏิกิริยาของกรดอินทรีย์ที่สลายตัวจากปุ๋ยคอกกับอะลูมินั่มเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Al-organic acid complex)

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน

มนูเวทย์ (2520) รายงานว่า อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินมี 2 ประการคือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารต่างๆในดินและการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือด่างของดินโดยมีการสะสมหรือสูญเสียประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) ในดิน ปุ๋ยโปตัสเซียมที่ใช้ทั่วไปได้แก่ KCl และ K_2SO_4 ซึ่งมีผลทำให้ดินมีระดับ pH ของดินเปลี่ยนไปเล็กน้อยภายหลังการใส่และจะกลับคืนสภาพเดิมในเวลาไม่นานนัก ไม่ทำให้ความเป็นกรดหรือด่างของดินเปลี่ยนไปอย่างยืนนาน (residual effect) ปุ๋ยฟอสฟอรัส ได้แก่ ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ชนิดต่างๆไม่ทำให้ระดับ pH ของดินเปลี่ยนไปอย่างยืนนานเช่นกัน ส่วนหินฟอสเฟต, กระดูกป่น และ basic slag ทำให้ pH ของดินเพิ่ม

ขึ้น ลดความเป็นกรดของดิน สำหรับปุ๋ยไนโตรเจน มีผลตกค้างในดิน 2 กลุ่ม คือ (1) พวกที่ให้ผลตกค้างเป็นด่างมากขึ้น ได้แก่ $NaNO_3$, KNO_3, $Ca(NO_3)_2$ และ$CaCN_2$ (2) พวกที่มีผลตกค้างทำให้เป็นกรดมากขึ้น ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมเหลว, เกลือแอมโมเนียมและยูเรีย การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานๆ โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในรูป แอมโมเนียม ซัลเฟต แอมโมเนียม ไนเตรท และ แอมโมเนียม ฟอสเฟต ทำให้ดินมี pH, ฟอสฟอรัส, โปตัสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมลดลง ดินมีการอัดตัวแน่นขึ้น (Kanwar, 1976; Magdoff and Amadon, 1980) Jolley และ Pierre (1977) ทดลองใส่ปุ๋ยแอมโมเนียม ไนเตรท อัตรา 0, 9, 18 และ 26.8 กก.ต่อไร่ กับดินร่วนเหนียวปนตะกอน วัดค่า pH ของดินที่เปลี่ยนไปที่ระดับความลึกจากผิวดิน 0-15, 15-30, 30-38 และ 38-45 ซม. พบว่า มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ pH ของดินตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นที่ระดับ 0-5 ซม. และ 15-30 ซม.ส่วนที่ระดับความลึกมากกว่า 30 ซม.ขึ้นไป ค่า pH ของดินมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ Ragland และ Boonpuckdee (1988) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ทำให้มีประจุลบ ในบริเวณรอบรากพืชจำนวนมาก การดูดใช้ธาตุอาหารประจุบวกในสภาพดังกล่าวพืชจะปลดปล่อยประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) ออกมาในปริมาณที่สมดุลย์กับประจุลบเพื่อรักษาสภาพเป็นกลางทางประจุไฟฟ้าไว้ ทำให้ pH ของดินลดลง Myers และ Thien (1988) ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการละลายของอินทรียวัตถุในดินและ pH ของดินพบว่า ทั้งปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทำให้มีการละลายของอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ตามอัตราการใส่ที่เพิ่มขึ้น และมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ในแบบส่งเสริมกัน (synergistic) ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการละลายของอินทรียวัตถุในดิน ปุ๋ยแอมโมเนียมไฮดร็อกไซด์ (NH_4OH) ทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น ส่วนปุ๋ยโมโนแอมโมเนียม ฟอสเฟต (MAP) และไดแอมโมเนียม ไพโรฟอสเฟต (TPP) ทำให้ pH ของดินลดลง เนื่องจาก MAP (pH 4.5) และ TPP (pH 6.7) มีความเป็นกรดมากกว่า ส่วนปฏิกิริยาในดินของแอมโมเนียม (NH_4^+) ที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยสามารถแทนที่ประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) จากคอลลอยด์ของดินได้ รวมทั้งมีปฏิกิริยาในกระบวนการไนตริฟิเคชั่นที่เกิดตามหลังมีประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) เพิ่มเติมเข้ามาในสารละลายดิน ทำให้ pH ของดินลดต่ำลง Stumpe และ Vlek (1991) ทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 50 และ 100 กก.ต่อเฮกแตร์ ในรูปของยูเรีย (urea), แอมโมเนียม ซัลเฟต (AS) และแคลเซียม แอมโมเนียม ไนเตรท (CAN) กับดิน Alfisol (Oxic Paleustalf), ดิน Ultisol (Typic Paleudult) และดิน Oxisol (Tropeptic Haplustox) พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 3 ชนิดทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น มีอัตราทำให้เกิดกรดเรียงตามลำดับ คือ AS > Urea > CAN

ผลของปุ๋ยเคมีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดินอาจมีผลกระทบบ้าง Millar และคณะ (1966 อ้างถึงในมนูเวทย์ 2520) สรุปผลของปุ๋ยเคมีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดินว่า เกิดจากผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีของดินที่ควบคุม exchangeable cation บนผิวคอลลอยด์ของดิน ปุ๋ยที่มีโซเดียม เช่น โซเดียม ไนเตรท ($NaNO_3$) เมื่อใส่ลงในดินจำนวนมากและติดต่อกันหลายปีจะมีผลทำให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพเลวลง เพราะมีการสะสม Na^+ ในดิน ทำให้เกิดการแตกกระจายของก้อนดินหรืออนุภาคดิน (dispersion or deflocculation) โครงสร้างของดินถูกทำลาย ส่วนปุ๋ยที่มีแคลเซียม, แมกนีเซียม หรือโปตัสเซียม เป็นองค์ประกอบมีส่วนช่วยทำให้เกิดก้อนดิน(granule) ดินมีโครงสร้างดีขึ้น

การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักในดิน

Vityakon และคณะ (1988) วิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยคอก(มูลโค) พบว่า มี pH 8.8, มีไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัส, โปตัสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม และอินทรีย์คาร์บอน เท่ากับ 0.60, 0.48, 2.83, 0.49, 8.5 และ 16.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการใส่ปุ๋ยคอกกับดินชุดราชบุรีและดินชุดร้อยเอ็ด ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนตะกอนและดินร่วนปนทราย ตามลำดับ มีผลทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ตามอัตราการใส่ปุ๋ยคอก และดินมีปริมาณ exchangeable base เพิ่มขึ้น สันติภาพ และคณะ (2532) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับพืช Motavalli และคณะ (1993) ทำการทดลองระหว่างปี 1979-81 กับดินร่วนปนทรายโดยปลูกข้าวโพดลูกผสมและได้รับการใส่ปุ๋ยคอกจากวัวนม อัตรา 0, 3.6, 13.2, 24 หรือ 48.4 ตันต่อไร่ (น้ำหนักสด) ร่วมกับปุ๋ยแอมโมเนียม ซัลเฟต อัตรา 0, 7.2, 14.5 หรือ 21.7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และปุ๋ยช่วยการเจริญเติบโตระยะแรก (starter) เกรด6:24:24 อัตรา 0 หรือ 27.2 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า การใส่ปุ๋ยช่วยการเจริญเติบโตระยะแรก (NPK) เพิ่มผลผลิตหญ้าหมัก (silage yield) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะปีแรกของการใส่ (1.36-1.52 ตันต่อไร่) ส่วนการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกปี และผลการตอบสนองของผลผลิตต่อการใส่ปุ๋ยคอกมากกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยคอกยังทำให้พืชมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโปตัสเซียมเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีอิทธิพลของผลตกค้างเชิงบวก (positive residual effect) ต่อผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในปีต่อมา (1982-1983) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีอิทธิพลของผลตกค้างดังกล่าว Murwira และ Kirchmann (1993) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยคอกและไนโตรเจนกับพืช ทรีตเม้นต์ ประกอบด้วย control, ใส่ปุ๋ยคอกอย่างเดียว, ใส่ปุ๋ยคอก + ไนโตรเจนก่อนปลูก, ใส่ปุ๋ยคอก + ไนโตรเจนหลังปลูก 6 สัปดาห์, ใส่ไนโตรเจน อย่างเดียวก่อน

ปลูก, ใส่ไนโตรเจนหลังปลูก 6 สัปดาห์ อัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ 1.6 ตันต่อเฮกแตร์ และ ไนโตรเจน อัตรา 16 กก.ต่อไร่ พบว่า ทุกทรีตเม้นต์ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกแสดงการมีกระบวนการ immobilization ของไนโตรเจนในช่วง 8 สัปดาห์แรก การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก่อนปลูกทำให้มีกระบวนการ mineralization ของไนโตรเจน มากกว่าการใส่หลังปลูก 6 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทดลองครั้งนี้มีการชะล้างของไนโตรเจน ระหว่าง 3 - 42 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ โดยที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก่อนปลูกมีการชะล้างในปริมาณสูงสุด การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่ไนโตรเจนหลังปลูก 6 สัปดาห์ ทำให้มีการปลดปล่อยและมีการดูดใช้ไนโตรเจนดีที่สุด

Chand และ Tomar (1992) ศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติของดินและปุ๋ยคอกต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสกับข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยคอก ทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง, ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ถูกดูดไปใช้ในต้นข้าวสาลีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตอบสนองจะมากน้อยแตกต่างไปตามชนิดของดิน การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยฟอสฟอรัสสนับสนุนซึ่งกันและกัน โดยที่ปุ๋ยคอกมีประสิทธิภาพในการต่อต้านการตรึงฟอสฟอรัสของดิน สอดคล้องกับที่รายงานโดย Zhang และคณะ (1994) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยอนินทรีย์ฟอสฟอรัส เป็นวิธีที่มีประสิทธิผลในการป้องกันการดูดยึดฟอสฟอรัสของดินได้ Hue (1990) ให้เหตุผลว่าการที่ปุ๋ยคอกเพิ่มประสิทธิภาพของฟอสฟอรัส เกิดจาก (1) มีการแข่งขันระหว่าง phosphate และ organic anion ในการเข้าจับยึดกับ adsorption site บนผิวอนุภาคดิน และ(2) มีการรวมตัวระหว่าง Al^{3+}, Fe^{3+} หรือ Ca^{2+} กับ organic anion ทำให้ activity ของประจุบวกเหล่านี้ลดลง มีผลทำให้มี phosphate ion ถูกดูดยึดน้อยลง มีปริมาณในสารละลายดินมากขึ้น Luo และ Sun (1994) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกส่งเสริมให้มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ (biological activities) เพิ่มขึ้นในดิน ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกมีแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการละลายของอนินทรีย์ฟอสเฟต และการย่อยสลายของอินทรีย์ฟอสเฟต (inorganic P solubilizing และ organic P mineralizing bacteria) เพิ่มขึ้น ทำให้มีความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินนาเพิ่มขึ้น โดยที่ก่อนหน้านี้ Oniani และคณะ (1973) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตทำให้ดินมีอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูป inositol pentaphosphate และ inositol hexaphosphate เพิ่มขึ้น ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น พืชมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงกว่าพืชที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (Vitosh *et al*, 1973) Yang และคณะ (1994) วัดปริมาณการละลาย (solubility) และ การเคลื่อนย้าย (mobility) ของปุ๋ยฟอสเฟต 3 ชนิด คือ ซูเปอร์ฟอสเฟต (SP), แคลเซียม-แมกนีเซียม ฟอสเฟต (Ca-Mg-P), และ ไดแอมโมเนียม ฟอสเฟต (DAP) ที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยคอกเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอก

ร่วมด้วยในดิน Ultisol และ Entisol พบว่า ปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตมีผลทำให้ปุ๋ยฟอสเฟตมีการละลายและเคลื่อนย้าย โดยเฉพาะในดิน Ultisol เพิ่มขึ้น

Sharma และ Gupta (1994) ศึกษาอิทธิพลการใส่ปูน, ปุ๋ยคอกและปุ๋ยฟอสเฟตต่อประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัส และความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกของรากข้าวสาลี (root CEC) โดยทำการทดลองในดิน Alfisol ระหว่างปี 1982-1984 พบว่า ข้าวสาลีมีการใช้ฟอสฟอรัสจากดินเพิ่มขึ้น 20-26 % เมื่อได้รับการใส่ปูน และเพิ่มขึ้น 93-99 % เมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยคอก ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและการใส่ปุ๋ยคอกต่างก็มีส่วนเพิ่มความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกของราก Spiess และ Besson(1992) ศึกษาประสิทธิภาพของโปตัสเซียมในปุ๋ยคอกและเศษพืชรวมทั้งการสูญเสียโปตัสเซียม พบว่า ผลการใส่ปุ๋ยระยะสั้น ประสิทธิภาพของโปตัสเซียมในปุ๋ยคอกและเศษพืชไม่ดีเท่าประสิทธิภาพของโปตัสเซียมในปุ๋ยเคมี แต่ในระยะยาวประสิทธิภาพของโปตัสเซียมที่เกิดจากผลตกค้างของปุ๋ยคอกและเศษพืชในดิน จะให้ผลดีกว่า เป็นเพราะว่าโปตัสเซียมจากปุ๋ยเคมีมีการสูญเสียผ่านกระบวนการชะล้าง (leaching) ได้มากกว่า โดยเฉพาะการใส่ในดินทราย