บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆที่เกี่ยวข้อง

การดูดซับ

ทฤษฎีการดูดซับ

การดูดซับ (Sorption) คือปรากฏการณ์ที่เกิดความสมดุลในการแยกสารประกอบประเภทไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ไปยังพื้นผิวของระบบสองสถานะ (Two – Phase System) อันประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ และส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น ดิน ฮิวมัส หรือผงกัมมันต์ กระบวนการทางกายภาพที่เกิดขึ้นเมื่อสารปนเปื้อนแยกไปยังของแข็งมักจะเกี่ยวกับพันธะที่ไม่แข็งแรง สามารถย้อนกลับได้ (สิริจิตติ์ แสงอุ่นอุรัย, 2544 อ้างถึงใน Weber, 1993)

สารดูดซับ (sorbent) คือของแข็ง (solid phase) ที่ดูดซับสารเคมีไว้ซึ่งในทางการจัดการของเสียอันตรายรวมถึงดิน, สลัดจ์, ชั้นใต้ดิน (subsurface strata) ของระบบน้ำใต้ดิน และถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด (granular activated carbon)

สารถูกดูดซับ (sorbate) คือสารประกอบในเฟสของเหลว (liquid phase) ซึ่งถูกแยกไปยังสารดูดซับ เฟสของเหลวมักจะเป็นน้ำ แต่กรณีที่เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ก็พบบ้างเป็นกรณีพิเศษ

กลไกการดูดซับ

การเกาะหรือดูดซับประกอบไปด้วย 3 กลไกได้แก่ กลไกทางไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic mechanism) กลไกทางเคมี (chemical) และกลไกทางกายภาพ (physical)

กลไกการดูดซับสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, 2550)

ขั้นตอนที่ 1 การแพร่ภายนอก (external diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวดูดซับเข้าถึงตัวดูดซับ ซึ่งพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีของเหลวห่อหุ้มโดยโมเลกุลแทรกผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าของตัวดูดซับ

ขั้นตอนที่ 2 การแพร่ภายใน (internal diffusion) เป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับแพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่ผิวภายในโพรงตัวดูดซับเพื่อให้เกิดการดูดซับ

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิกิริยาพื้นผิว (surface reaction) ปฏิกริยาพื้นผิวเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับดูดติดที่ผิวของตัวดูดซับซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นควรคำนึงถึงการต้านทานจากปฏิกิริยาพื้นผิวด้วย

อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ

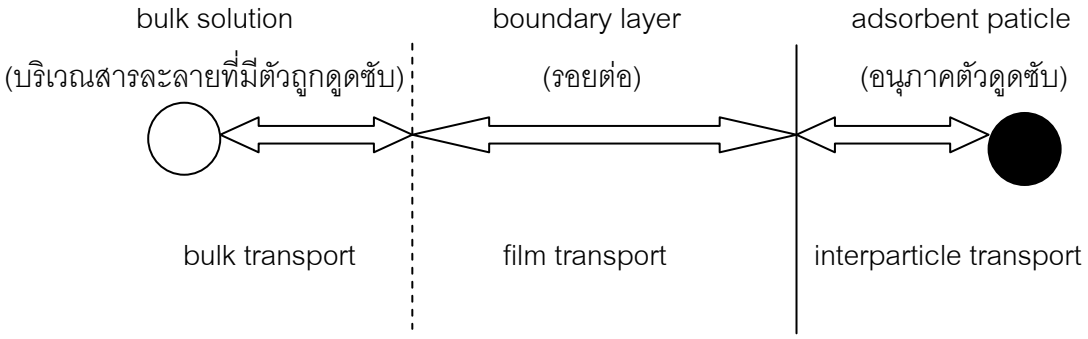
อัตราการดูดซับมีความสำคัญมาก อัตราการดูดซับที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็ว อัตราการดูดซับจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนที่มีการต้านทานมากที่สุดในการเคลื่อนย้ายโมเลกุลซึ่งขั้นตอนที่ช้าที่สุดจะเป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการดูดซับ ขั้นตอนในการดูดซับแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อยดังนี้

1. การขนส่งอนุภาค (bulk transport) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของตัวถูกดูดซับในของเหลวจะถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของของเหลงบางๆ หรือผิวสัมผัสน้ำที่ห่อหุ้มตัวดูดซับ

2. การขนส่งชั้นฟิล์ม (film transport) เป็นขั้นตอนที่โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆแทรกตัวเข้าสู่ผิวหน้าของสารดูดซับ การขนส่งชั้นฟิล์มเป็นกระบวนการที่ตัวถูกดูดซับแพร่ผ่านฟิล์มน้ำไปยังผิวของตัวดูดซับ จัดเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราการดูดติดผิวขั้นตอนหนึ่ง

3. การขนส่งภายในอนุภาค (interparticle transport) เป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวถูกละลายเข้าสู่โพรงหรือรูพรุนของสารดูดซับ เรียกว่าการแพร่เข้าสู่โพรง (pore diffusion) และทำให้เกิดการดูดซับขึ้นภายใน ขั้นตอนนี้จัดเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราการดูดซับเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 2.1
ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับไปยังตัวดูดซับ



การยึดติดของตัวดูดซับบนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับจะมีแรงยึดเหนี่ยวเกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นแรงยึดเหนี่ยวทางกายภาพหรือทางเคมีหรือทั้งสองแบบ

ตัวดูดซับ

ตัวดูดซับ คือ สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 5 ประเภท

1.สารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ ซิลิกากัมมันต์ อะลูมิเนียมกัมมันต์ ถ่านกระดูก สินแร่จำพวกอะลูมิโนซิลิเกต เช่น kaolinite เป็นต้น ตัวดูดซับสารอนินทรีย์จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50 - 200 ตารางเมตรต่อกรัม และดูดซับโมเลกุลสารเพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับสารอนินทรีย์มีขีดจำกัด

2. ถ่านกัมมันต์ มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 500 – 1,400 ตารางเมตรต่อกรัม เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพ และมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ เช่น ฟอกสี ใช้ในการกำจัดกลิ่นและรส ใช้ในการกำจัดตะกอนในโรงงานเบียร์ เป็นต้น

3. สารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออน (เรซิน) ชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300 – 500 ตารางเมตรต่อกรัม

4. วัสดุชีวภาพ (biomaterials) ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางด้านการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย ไคโตซาน กากกาแฟ กากชา กากถั่วเหลือง ฟางข้าวเปลือกไม้ เถ้าแกลบดำ เป็นต้น

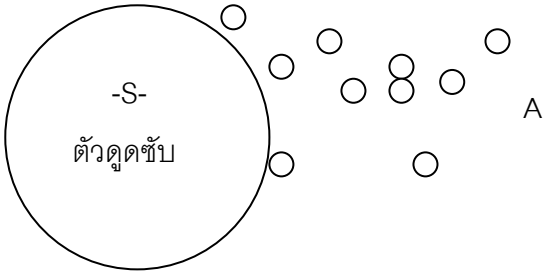
5. สารดูดซับชีวภาพ (biosorbent) ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์ เช่น เซลล์ของแบคทีเรีย

สมดุลการดูดซับ (adsorption equilibrium)

เมื่อเติมตัวดูดซับปริมาณหนึ่งลงไปในสารละลายที่มีโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้มข้น C_0 ในช่วงเริ่มต้นโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับ เมื่อระยะเวลาผ่านไปจะมีจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนที่เกาะติดกับพื้นผิวจะคายออกมา อัตราการคายจะเกิดน้อยกว่าอัตราการดูดซับ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดูดซับดำเนินไปจนกระทั่งอัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการคาย ระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุล ณ สภาวะสมดุลการดูดซับ จำนวนโมเลกุลของตัวถูกดูดซับและจำนวนโมเลกุลของตัวถูกดูดซับที่คายออกมามีปริมาณคงที่

ภาพที่ 2.2

สภาวะสมดุลการดูดซับ



ตัวถูกดูดซับในสารละลาย

ให้ A เป็นโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ มีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น C_0 โมลต่อลิตร ในสารละลาย

-S- เป็นโมเลกุลของตัวดูดซับ

Q เป็นสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ

(1- q) เป็นสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ไม่ถูกดูดซับ

กระบวนการดูดซับ $A + -S- \xrightarrow{-k1} A\text{-}S-$

r_1 แทนอัตราการดูดซับ ซึ่งจะแปรตามความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสารละลาย หรือความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลายให้เท่ากับ C และยังแปรตามสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ไม่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ

k_1 แทนค่าคงที่อัตราการดูดซับ

$$r_1 = k_1[C](1-q)$$

กระบวนการคาย A-S- $\xrightarrow{-k2}$ A + -S-

r_2 แทนอัตราการคาย ซึ่งจะแปรตามสัดส่วนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับเท่านั้น

k_2 แทนค่าคงที่อัตราการคาย

$$r_2 = k_2(q)$$

ณ สภาวะสมดุล $r_1 = r_2$

$$k_1[C](1-q) = k_2(q)$$

$$q/(1-q) = k_1/k_2\,[C] = K[C]$$

$$q = K[C]/1+K[C]$$

เมื่อ K เป็นค่าคงที่สมดุลการดูดซับ

A + -S- $\longleftrightarrow$ A-S-

ณ สภาวะสมดุล $K = \frac{q}{C}$

เมื่อ q = ปริมาณตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับต่อมวลของตัวดูดซับ หน่วยเป็นปริมาณตัวถูกดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ เช่น โมลต่อกิโลกรัม, โมลต่อกรัม, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

W = มวลของตัวดูดซับที่ใช้ หน่วยเป็นน้ำหนัก เช่น กิโลกรัม

V = ปริมาตรของสารละลายที่มีตัวถูกดูดซับละลายอยู่ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ ลิตร

C = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย หน่วยเป็นความเข้มข้น เช่น โมลต่อลิตร

q อาจเรียกว่า ความจุของการดูดซับ (adsorption capacity)

ณ สภาวะสมดุลของการดูดซับจะได้ว่า

ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ = ปริมาณตัวถูกดูดซับที่หลุดออกมาจากตัวดูดซับ

$$qW = V(C_0-C)$$

การวิเคราะห์การดูดซับ

โดยการดูดซับเป็นกระบวนการที่สารถูกดูดซับเคลื่อนที่จากเฟสหนึ่งไปยังขอบเขตของเฟสอื่นๆ โดยมีเหตุจากปฏิกิริยาระหว่างสามโมเลกุลที่แตกต่างกันได้แก่ สารดูดซับ สารถูกดูดซับ และสารละลาย โดยมีแรงขับเคลื่อนหลังการดูดซับซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างสารดูดซับ และสารถูกดูดซับได้แก่ Electrical attraction, Van der Waal forces, Covalent bonds, Hydrogen bonds (LaGrega, 2001)

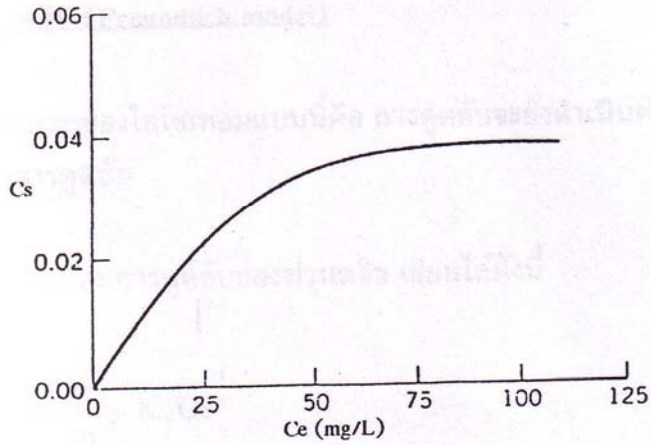
ในการวิเคราะห์การดูดซับที่นิยมใช้กันมากคือวิธีของ Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm ซึ่งทั้งสองวิธีนี้สามารถใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้

วิธี Langmuir isotherm

แบบจำลองนี้ขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ว่า ที่ผิวของของแข็งมีสารถูกดูดซับสะสมอยู่เพียงชั้นเดียวโดยกราฟของแบบจำลองนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2.3 จากกราฟที่เฟสของเหลว (liquid phase) เมื่อความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) เพิ่มขึ้น แสดงว่าผิวของสารดูดซับ (sorbent) ถูกปกคลุมด้วยสารถูกดูดซับในสัดส่วนที่มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารในเฟสของสารละลาย (solution phase) สูงขึ้นสารดูดซับจะอิ่มตัวอย่างสมบูรณ์ จุดที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้จะไม่เกิดการดูดซับสารใดๆ อีกดังภาพที่ 2.3 แสดงถึงความเข้มข้นของสารถูกดูดซับในเฟสของน้ำ (aqueous phase) สูงกว่า 75 มิลลิลิตร จะไม่มีการดูดซับเกิดขึ้นอีก

ภาพที่ 2.3

กราฟของ Langmuir isotherm



ที่มา: Watt (1997)

ใช้สมการของ Langmuir isotherm ดังแสดงในรูปที่ 2.3

$$Cs = \frac{x}{m} = \frac{abCe}{1+bCe}$$

เมื่อ Cs = มวลของสารปนเปื้อนที่ถูกซับต่อมวลของตัวซับ, กรัม/กรัม

Ce = ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่เหลืออยู่ในสารละลาย ณ ภาวะสมดุล, กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

a = ค่าคงที่

b = ค่าสัมประสิทธิ์อิ่มตัว, ลูกบาศก์เมตรต่อกรัม

x = มวลของสารปนเปื้อนซับบนผิวของแข็ง, กรัม

m = มวลของของแข็งที่ใช้ซับ, กรัม

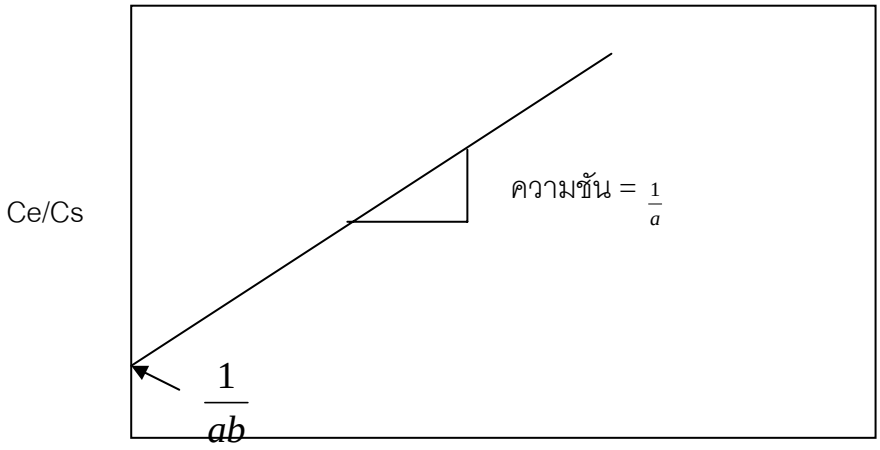
สามารถเขียนสมการของ Langmuir ในรูปเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\frac{Ce}{Cs} = \frac{1}{ab} + \frac{Ce}{a}$$

เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง $\frac{Ce}{Cs}$ กับ Ce จะได้ความชันของกราฟ = $\frac{1}{a}$ และค่าตัดแกน y = $\frac{1}{ab}$

ภาพที่ 2.4

กราฟเชิงเส้นของ Langmuir isotherm



ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2546)

วิธี Freundlich isotherm

ลักษณะของไอโซเทอมนี้ก็คือ การดูดซับจะยังดำเนินต่อไปเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารดูดซับ

สมการของ Freundlich เขียนได้ดังนี้

$$Cs = \frac{x}{m} = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$$

เมื่อ K_F = สัมประสิทธิ์การดูดซับของ Freundlich

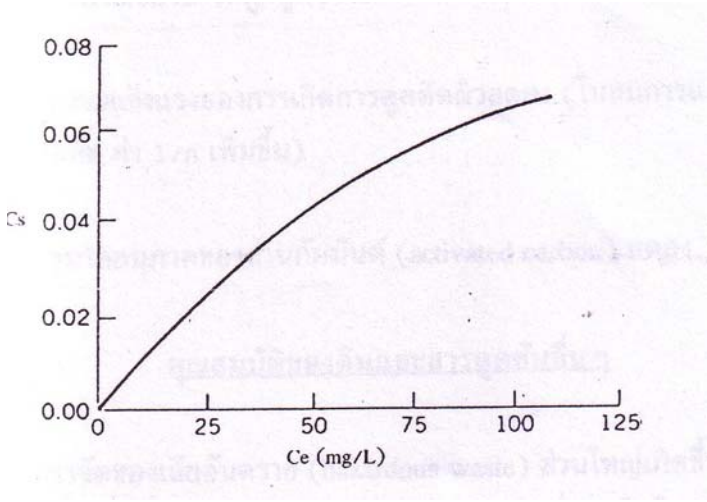
n = ค่าสัมประสิทธิ์จากการทดลอง

จากภาพที่ 2.5 จากรูปจะเห็นได้ว่ามวลของสารที่ถูกดูดซับเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นเฟสของน้ำ (aqueous phase) ที่ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) ต่ำๆ และลดลง

เมื่อสารถูกดูดซับ (sorbate) สะสมบนผิวของสารดูดซับ (sorbent) การดูดซับยังคงดำเนินต่อไป เมื่อความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ (sorbate) ในเฟสของน้ำ (aqueous phase) เพิ่มขึ้นแต่จะเพิ่มในสัดส่วนที่น้อยลง

ภาพที่ 2.5

กราฟของ Freundlich isotherm



ที่มา: Watt, R.J (1997)

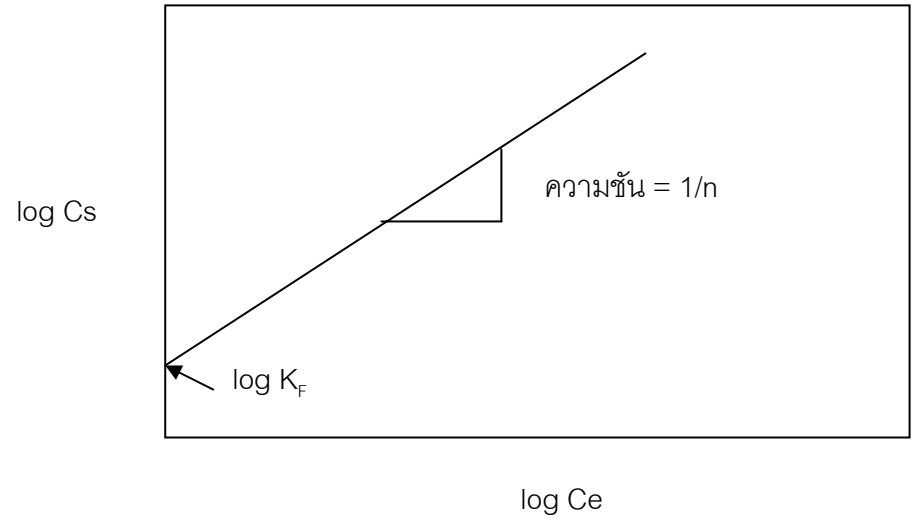
จากสมการสามารถเขียนในรูปลอการิทึมได้ดังนี้

Log Cs = log K_F + 1/n log Ce

เมื่อนำมาพล็อตกราฟระหว่าง Cs และCe จะได้กราฟเส้นตรง โดยหาค่า K_F ได้จาก $K_F = 10^{\text{y-intercept}}$ และ1/n = ความชัน

ภาพที่ 2.6

กราฟเชิงเส้นของ Freundlich isotherm



ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2546)

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

อินทรียวัตถุในดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของดินที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่างๆ ของดิน ทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ อันส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน รวมทั้งการพัฒนาระบบนิเวศ (ecosystem) ของแต่ละสภาพแวดล้อมโดยตรง

คำว่าอินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฮิวมัส (humus) นั้น มีความหมายครอบคลุมตั้งแต่ส่วนของรากพืชหรือสัตว์ที่กำลังสลายตัวเซลล์จุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว ตลอดจนสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลาย หรือส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ แต่ไม่รวมถึงรากพืชหรือเศษซากพืชหรือสัตว์ที่ยังไม่ย่อยสลาย ฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่าอินทรียวัตถุในดินประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แทบทุกชนิดที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ โดยทั่วไปฮิวมัสมีโพลิเมอร์ฟีนอลอยู่ซึ่งประกอบจากคาร์บอกซิลิค, คาร์บอนิก, เอสเทอร์ และเมทอกซีกรุ๊ป โดยประกอบไปด้วยคาร์บอนร้อยละ 44 – 53 ไฮโดรเจนร้อยละ 3.6 - 5.4 ออกซิเจนร้อยละ 40 – 47 และไนโตรเจนร้อยละ 1.8 - 3.6 (Schnitzer, 1972) จากการวิเคราะห์สารประกอบส่วนที่เป็นคาร์บอนพบว่าโดยทั่วไปอินทรียวัตถุจะประกอบด้วย 1) สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรท

ประมาณร้อยละ 10 - 20 2) สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดอะมิโนและน้ำตาลอะมิโน ประมาณร้อยละ 20 3) สารประกอบ aliphatic fatty acid, alkane ประมาณร้อยละ 10 – 20 4) ที่เหลือก็เป็นสารประกอบพวก aromatic compound

ความสามารถในการดูดซับไอออนของอินทรียวัตถุในดินนั้นสูงมาก โดยทั่วไปการดูดซับโดยอินทรียวัตถุจะสูงกว่าคอลลอยด์อื่นๆ ตั้งแต่ 2 - 30 เท่า ในดินทั่วไปปริมาณของแคตไอออนที่ถูกดูดซับโดยอินทรียวัตถุในดินจะอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 30 – 90 ของปริมาณที่ดินดูดซับได้ทั้งหมด

ความสามารถในการดูดซับนี้มาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรียวัตถุ ซึ่งส่วนใหญ่ก็เกิดจาก dissociation ของสารประกอบบางกลุ่มโดยเฉพาะอย่างยิ่ง carboxlic group และphenolic OH group ดังนี้

carboxlic group

$$R\text{-}COOH \longleftrightarrow R\text{-}COO^{-} + H^{+}$$

นอกจากความสามารถในการดูดซับแคตไอออนแล้ว โมเลกุลของอินทรียวัตถุในดินยังมีประจุบวกอยู่บางส่วน ทำให้มีความสามารถในการดูดซับแอนไอออนด้วย ส่วนที่เป็นประจุบวกดังกล่าวมักเกิดขึ้นจากกระบวนการเติมโปรตอน (protonation) ของ amine group บนอนุภาคอินทรียวัตถุดังนี้

$$\begin{array}{l} | \\ R\text{-}C\text{-}NH_2 \\ | \end{array} + H^{+} \longrightarrow \begin{array}{l} | \\ R\text{-}C\text{-}NH_3^{+} \\ | \end{array}$$

ความสามารถในการดูดซับแคตไอออนหรือแอนไอออนของอินทรียวัตถุในดินมีความสำคัญมากในการป้องกันมิให้ธาตุอาหารพืชถูกชะละลายสูญหายไปกับน้ำได้โดยง่าย

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity หรือ CEC)

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินหรือคอลลอยด์นั้นหมายถึง “ปริมาณแคตไอออนทั้งหมดที่ดินหรือคอลลอยด์นั้นสามารถจะดูดยึดไว้ได้” การที่จะรู้ได้ว่าคอลลอยด์หรือดินมี CEC เท่าใดนั้นจะต้องทำการวิเคราะห์ทางเคมีโดยการไล่ที่แคตไอออนเดิมที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของดินเหนียวด้วย NH_4^{+} หรือ Ba^{++} แล้วให้แคตไอออนดังกล่าวเข้าไปแทนที่จนหมด จากนั้นก็ทำการวิเคราะห์หา

ปริมาณ adsorbed NH_4^+ หรือ Ba^{++} นั้นว่ามีอยู่เท่าใด โดยการบอกเป็นจำนวน milliequivalents ต่อดินเหนียว 100 กรัม ดังนั้นค่าของ CEC ของดินเหนียวหรือดินจึงบอกกันเป็นค่าของ me/100 กรัมของดินหรือดินเหนียวนั้นๆ

ธาตุอาหารพืชในดินส่วนใหญ่ซึ่งเป็นพวกแคตไอออนจะอยู่ในดินโดยไม่ถูกชะล้างให้สูญหายไปจากดินได้ง่ายๆ ก็เนื่องจากแคตไอออนพวกนี้ดูดยึดอยู่ที่ผิวของ clay micelle และยังสามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วยทั้งนี้เพราะรากพืชสามารถดูดดึงแคตไอออนที่เป็นธาตุอาหารได้โดยตรงจากพื้นผิวของ clay micelle โดยกระบวนการที่เรียกว่า contact exchange หากดินไม่มีอำนาจในการดูดยึดแคตไอออนต่างๆ เหล่านี้แล้วแคตไอออนที่เป็นธาตุอาหารพืชอยู่ในดินคงสูญหายจากไปดิน

เนื้อดินกับการดูดซับ

เนื้อดิน (soil texture) หมายถึง สัดส่วนสัมพัทธ์ของอนุภาคในกลุ่มขนาดทราย ซิลท์ และดินเหนียว ซึ่งเนื้อดินจะเป็นประเภทใดย่อมขึ้นอยู่กับสมบัติเด่นของกลุ่มขนาดหลักในดินชนิดนั้น โดยมีกลุ่มประเภทเนื้อดินหลัก 3 กลุ่ม ต่อไปนี้คือ

- ดินเนื้อหยาบ หรือดินทราย (sandy soils) ซึ่งหมายถึงดินที่แสดงสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดทรายในระดับความเด่นชัดที่มากกว่าสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักอีก 2 กลุ่ม (ซิลท์ และดินเหนียว) มาก ประเภทเนื้อดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ทราย (sand) และทรายร่วน (loamy sand)

- ดินร่วน (loamy soils) ซึ่งหมายถึงดินที่แสดงสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักทั้ง 3 กลุ่มในระดับความเด่นชัดที่ไม่แตกต่างกัน หรือแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ดินร่วนปนทราย (sandy loam) ดินร่วน (loam) ร่วนปนซิลท์ (silt loam) ซิลท์ (silt) ร่วนเหนียว (clay loam) ร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และร่วนเหนียวปนซิลท์ (silty clay loam)

- เนื้อดินละเอียดหรือดินเหนียว (clayey soils) ซึ่งหมายถึงดินที่แสดงสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดดินเหนียวในระดับความเด่นชัดที่มากกว่าสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักอีก 2 กลุ่มมาก ประเภทดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ เหนียวปนทราย (sandy clay) เหนียวปนซิลท์ (silty clay) และเหนียว (clay)

การดูดซับ หมายถึง การดูดในระดับโมเลกุล ระหว่างสารชนิดที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูด

ซับ (adsorbent) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า กับสารชนิดที่ทำหน้าที่เป็นตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเป็นอย่างมาก

สารชนิดหนึ่งจะดูดซับสารอื่นได้มากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับว่าสารชนิดนั้นมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากน้อยเพียงใด ในดินการดูดซับที่สำคัญได้แก่การดูดซับน้ำ และการดูดซับไอออนในสารละลายดิน ซึ่งในดินตัวดูดซับก็คืออนุภาคดินเหนียวและอนุภาคอินทรียวัตถุ เพราะมีขนาดเล็กมาก จึงมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง นอกจากนั้นอนุภาคทั้งสองชนิดยังมีประจุไฟฟ้า ซึ่งเป็นประจุลบเป็นส่วนใหญ่ จึงสามารถดูดซับไอออนที่มีประจุบวกได้เป็นอย่างดี

ชนิดและปริมาณแร่ดินเหนียว

ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบของดิน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการดูดซับ เนื่องจากองค์ประกอบดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับสัดส่วนพื้นที่ดูดซับและกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุของไอออน หรือโมเลกุลที่อยู่ในสารละลายดินกับอนุภาคดิน ดังนั้นในการศึกษาการดูดซับหรือการเคลื่อนย้ายของสารเคมีในดินจึงให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านองค์ประกอบของดินเป็นอย่างมาก (Wild, 1993)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

1) ธรรมชาติของตัวดูดซับ พื้นที่ผิวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของตัวดูดซับในการดูดซับ เมื่อพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะบ่งบอกได้ถึงความสามารถในการดูดซับ โครงสร้างของรูพรุนก็มีส่วนช่วยให้พื้นที่ผิวมีความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น ถ้าตัวดูดซับไม่มีรูพรุน พื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของตัวดูดซับมีขนาดลดลง ซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น แต่ถ้าตัวดูดซับมีรูพรุนมากๆ พื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับอยู่ในรูพรุน ขนาดของตัวดูดซับจะไม่มีผลต่อควมสามารถในการดูดซับ

2) ธรรมชาติของตัวถูกดูดซับ ความสามารถในการละลายน้ำของโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีผลต่อการดูดซับ ซึ่งแนวโน้มของการดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับจะลดลงเมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับละลายน้ำได้ดี เพราะว่าก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับจะต้องมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลของน้ำ เพื่อให้โมเลกุลของตัวถูกดูดซับหลุดออกจากน้ำไปเกาะบนพื้นผิวของตัวดูดซับ โมเลกุลของตัวถูกดูดซับขนาดใหญ่มีความสามารถในการ

ละลายน้ำลดลง จึงมีแนวโน้มที่จะถูกดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับมากขึ้น

3) อัตราเร่งการปั่นกวน อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับการขนส่งโมเลกุลของระบบ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการแพร่ผ่านฟิล์ม และการแพร่เข้าสู่โพรง ซึ่งแล้วแต่การปั่นกวนของระบบ ถ้าการปั่นกวนต่ำฟิล์มน้ำที่ล้อมรอบสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้าไปหาตัวดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าการปั่นกวนสูงจะทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

4) อุณหภูมิ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้นแต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับลดลง

5) ผลของความเป็นกรด – เบสต่อประสิทธิภาพการดูดซับ ขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นขั้วของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ เมื่อสารละลายมีสภาพความเป็นกรดต่ำส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้กระบวนการดูดซับไอออนลบเพิ่มขึ้น และเมื่อสารละลายมีความเป็นกรด - เบสเพิ่มขึ้นมีผลทำให้มี OH^- บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น และสามารถดูดซับไอออนบวกได้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายมีความเป็นกรด - เบสมากกว่า 9 จะทำให้โลหะไอออนตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ และโลหะไอออนจะถูกดูดซับได้น้อยลง (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, 2550)

เกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย

การทำเกษตรอินทรีย์เป็นระบบการผลิตแบบองค์รวมที่คำนึงถึงระบบนิเวศน์ ความหลากหลายทางชีวภาพ และกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน เน้นการจัดการฟาร์มโดยใช้วัสดุภายในฟาร์ม วิธีทางชีวภาพ และวิธีเชิงกล การทำเกษตรอินทรีย์เป็นการพึ่งพาทรัพยากรที่สร้างขึ้นใหม่ได้จากภายในท้องถิ่น เพื่อลดการพึ่งพาทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป โดยมีการหมุนเวียนเศษซากพืชและสัตว์ลงดินเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและพลังงาน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อรักษาและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน พร้อมกับการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน พืชจะได้รับธาตุอาหารพืชจากระบบนิเวศน์ดินมากกว่าการเติมปุ๋ยสังเคราะห์

หลักการที่สำคัญในการทำเกษตรอินทรีย์ ได้แก่ การจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเลือกชนิดพันธุ์ที่หลากหลาย การปลูกพืชหมุนเวียน การหมุนเวียนสารอินทรีย์ภายในฟาร์ม และมีวิธีการเพาะปลูกที่เหมาะสม การเพิ่มปุ๋ย สารปรับปรุงบำรุงดิน หรือสารป้องกันศัตรูพืชควรใช้เมื่อจำเป็นเท่านั้นและเป็นสารที่ได้รับการรับรองให้ใช้ได้ตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

การทำเกษตรอินทรีย์เป็นการรวบรวมและประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และภูมิปัญญาท้องถิ่นทางด้านการเกษตรเพื่อความยั่งยืนของระบบการเกษตร เศรษฐกิจ และสังคม เมื่อเปรียบเทียบการทำเกษตรอินทรีย์กับการทำเกษตรเพื่อการแข่งขันในปัจจุบัน โดยทั่วไปเกษตรอินทรีย์จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางธรรมชาติที่ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะเห็นผลแต่การผลิตจะเป็นไปอย่างยั่งยืนและเหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ และไม่ส่งเสริมให้ทำการเกษตรเชิงเดี่ยวเป็นระยะเวลานาน ในขณะที่การทำเกษตรแบบเคมีจะมุ่งไปที่ผลตอบแทนที่รวดเร็ว มีการพัฒนาแบบแยกส่วนคือสนใจเฉพาะผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ณ ปัจจุบัน มากกว่าผลในระยะยาว

การผลิตเพื่อการค้านั้น เทคโนโลยีทางการเกษตรได้ถูกหยิบยกมาใช้เป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงเมล็ดพันธุ์พืช การใช้สารเคมีสังเคราะห์ การชลประทานขั้นสูง โดยใช้เครื่องจักรกลในการทำงานมากกว่ามนุษย์ ปัจจุบันการผลิตในรูปแบบนี้เปลี่ยนแปลงไปสู่การผลิตที่ต้องการทักษะที่สูงมากขึ้น

ดังนั้นการส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์ในปัจจุบันจึงมุ่งไปที่เกษตรกรที่มีความตั้งใจและความพร้อมที่จะปรับเปลี่ยนเป็นระบบเกษตรอินทรีย์ รวมทั้งเกษตรกรที่สนใจและต้องการข้อมูลเกี่ยวกับหลักการทำเกษตรอินทรีย์ และการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ไปยังศูนย์กลางของชุมชนจะทำให้ปริมาณการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์มากขึ้น

การทำเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยยังคงอยู่ในระยะเริ่มต้นในลักษณะของเกษตรทางเลือก และกำลังได้รับการยอมรับมากขึ้นในปัจจุบัน การจะสนับสนุนให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนมาทำเกษตรอินทรีย์ ควรจะมีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการผลิตที่ชัดเจน การวิเคราะห์นโยบายที่ใช้ในการสนับสนุนการทำเกษตรอินทรีย์ ตลอดจนการวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนหรือไม่ปรับเปลี่ยนมาทำเกษตรอินทรีย์ ขณะที่สถาบันที่สนับสนุนการทำเกษตรอินทรีย์และสภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำเกษตรอินทรีย์

ปัจจุบันประเทศไทยมีเศษวัสดุอินทรีย์จากการเกษตรอย่างน้อย 43 ล้านตันต่อปี ซึ่งเกษตรกรสามารถสับกลบคืนลงดินเพื่อปรับปรุงบำรุงดินได้ ในทางทฤษฎีการใช้วัสดุอินทรีย์ช่วยลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีได้กว่าครึ่งหนึ่ง ประมาณ 1.92 ล้านตันต่อปี และยาฆ่าแมลงกว่า 25,155 ตัน

ต่อปี คิดเป็นมูลค่ากว่า 21,500 ล้านบาทต่อปี อย่างไรก็ตามในระยะปรับเปลี่ยนจากการทำเกษตรเคมีซึ่งปริมาณผลผลิตอาจลดลง เกษตรกรต้องการการสนับสนุนจากรัฐบาลอย่างน้อย 8,772 ล้านบาทต่อปี

ในการจัดทำแผนที่ที่เหมาะสมต่อการทำเกษตรอินทรีย์โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และโมเดลที่ประกอบด้วยปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของดิน ปริมาณเศษวัสดุการเกษตร และพื้นที่ชลประทาน เป็นต้น โดยบัณฑิต อนุรักษ์ (2550) อ้างถึงใน ยุทธชัยและคณะ (2550) พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการทำเกษตรอินทรีย์ 3.12 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ในเขตชลประทาน 0.99 ล้านไร่ และเขตฝน 2.13 ล้านไร่ อย่างไรก็ตามตัวเลขดังกล่าวเป็นเพียงการประเมินพื้นที่ในเบื้องต้นเท่านั้น ควรมีการสอบถามความต้องการของเกษตรกรประกอบด้วย

งานวิจัยดังกล่าวมุ่งไปที่การพิจารณาถึงกลยุทธ์ในการดำเนินนโยบายของรัฐบาล จำนวนฟาร์มเกษตรอินทรีย์ และการจัดทำแผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำเกษตรอินทรีย์ พบว่ารัฐบาลควรมีนโยบายเพื่อช่วยให้เกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์ได้ราคาพิเศษหรือราคาพรีเมี่ยมและลดต้นทุนการผลิต จะช่วยให้เกษตรกรได้ผลตอบแทนที่ดีเพียงพอที่จะจูงใจและสนับสนุนให้เกษตรกรทำเกษตรอินทรีย์

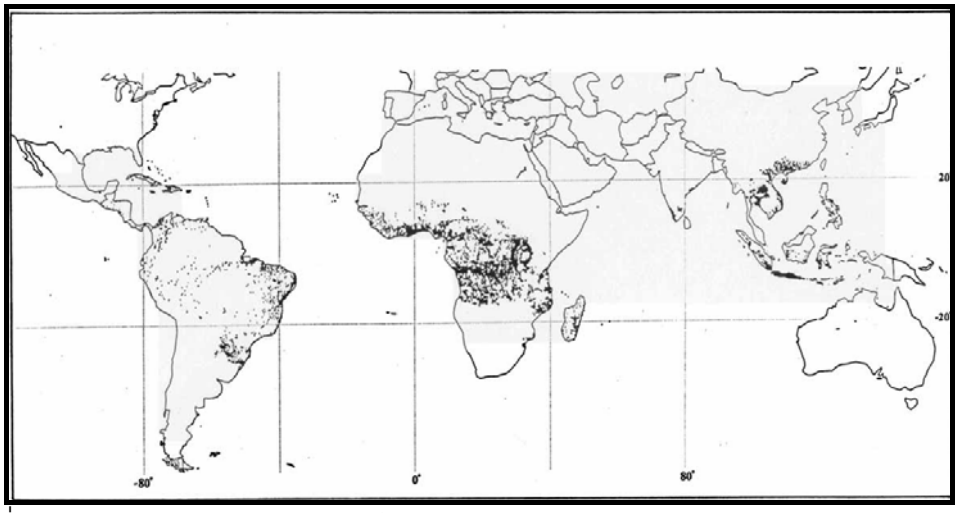
มันสำปะหลัง

ความสำคัญของมันสำปะหลัง

จากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของโลกและพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในทวีปเอเชียแสดงดังภาพที่ 2.7 และ 2.8 พบว่าในปี พ.ศ.2546 ทวีปที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด ได้แก่ ทวีปอัฟริกา คิดเป็นประมาณร้อยละ 54 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด รองลงมาเป็น ทวีปเอเชียร้อยละ 29 ละตินอเมริกาและแคริปเบียนร้อยละ 14 ในช่วงปี พ.ศ.2513 – 2523 ปริมาณการผลิตมันสำปะหลังของทวีปเอเชียเพิ่มขึ้นในอัตราสูงประมาณร้อยละ 3 ต่อปี แสดงดังตารางที่ 2.1 และค่อยๆ ลดลงในช่วงปี พ.ศ.2533 และขยายตัวอย่างรวดเร็ว ในอัตราร้อยละ 2.3 ต่อปี ในช่วง 8 ปีต่อมา แม้ว่าจะมีพื้นที่เพาะปลูกลดลงแต่ก็มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณผลผลิตต่อไร่ประมาณร้อยละ 3 ต่อปี ซึ่งจัดว่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.9 ของทวีปอัฟริกาและร้อยละ 0.3 ของละตินอเมริกา

ภาพที่ 2.7

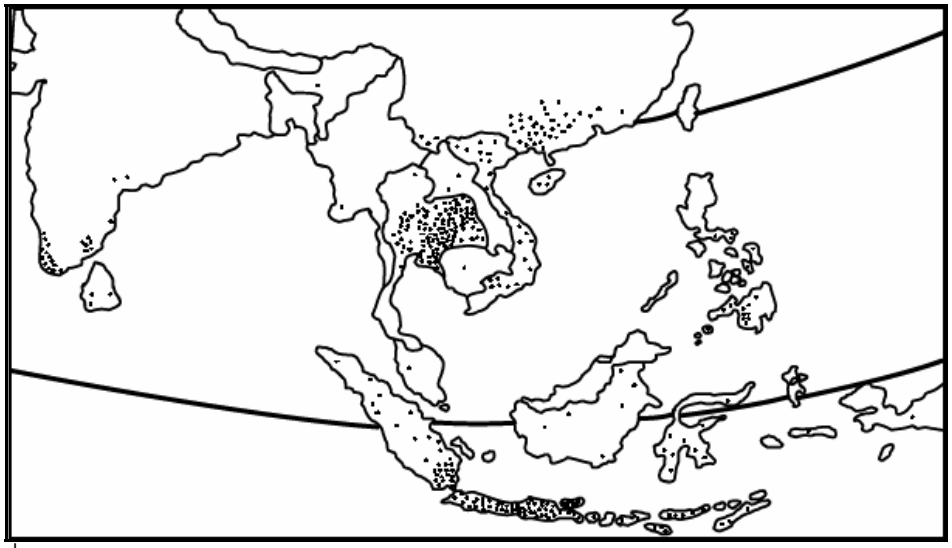
การกระจายพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั่วโลก (1 จุด แทนพื้นที่ 1,000 เฮกแตร์)



ที่มา: บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน Henry and Gottret, 1996

ภาพที่ 2.8

พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในทวีปเอเชียในปี พ.ศ. 2542 (1 จุด แทนพื้นที่ 1,000 เฮกแตร์)



ที่มา: บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน Henry and Gottret, 1996

ตารางที่ 2.1 แสดงกำลังการผลิตและปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ของประเทศที่เป็นแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของทวีปเอเชีย ซึ่งบางประเทศมีการขยายตัวของการผลิต

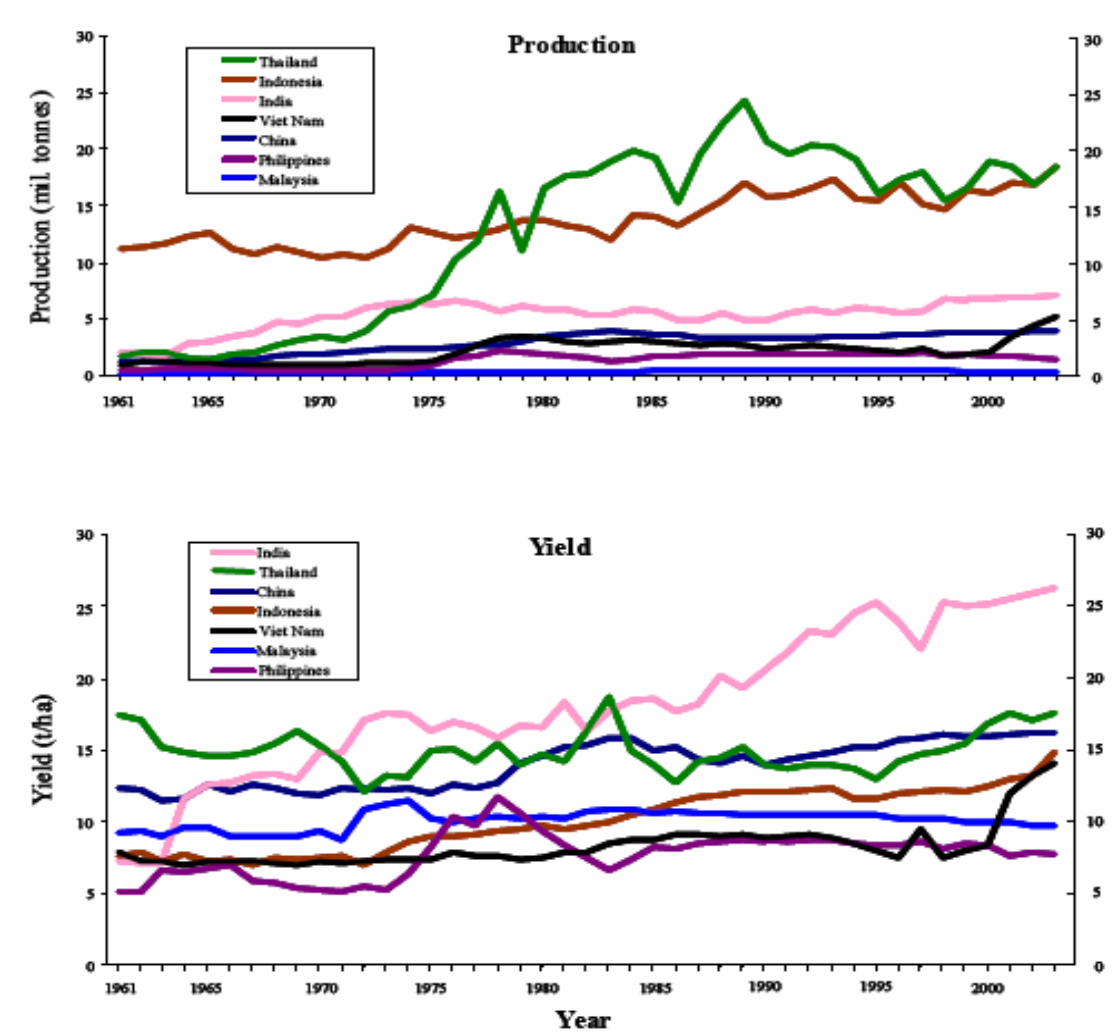
เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่บางประเทศลดลงเนื่องจากการขยายตัวของเมืองและการขยายตัวของพื้นที่ปลูกข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักของคนเอเชีย ยกเว้นประเทศไทยที่มีการผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงปี พ.ศ. 2513 - 2523 เนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของความต้องการพืชอาหารสัตว์ในสหภาพยุโรป โดยประเทศไทยเสียภาษีนำเข้าในอัตราต่ำ (a favorable tariff structure)

ตารางที่ 2.1
กำลังการผลิต พื้นที่เพาะปลูก และปริมาณผลผลิต
มันสำปะหลังในปี พ.ศ. 2546

	กำลังการผลิต (1,000 ตัน)	พื้นที่เพาะปลูก (1,000 เฮกแตร์)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตันต่อเฮกแตร์)
โลก	189,100	17,570	10.76
ทวีปอัฟริกา	101,916 (54%)	11,536	8.83
ละตินอเมริกาและแคริบเบียน	31,479 (14%)	2,555	12.32
ทวีปเอเชีย	55,527 (29%)	3,463	16.03
- จีน	3,901	240	16.25
- อินเดีย	7,100	270	26.30
- มาเลเซีย	370	38	9.74
- ฟิลิปปินส์	1,400	180	7.78
- ประเทศไทย	18,430	1,050	17.55
- เวียดนาม	5,228	372	14.07

ที่มา: บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน FAOSTAT, 2004

ภาพที่ 2.9
แนวโน้มกำลังการผลิตและพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศ
ผู้ผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญในทวีปเอเชีย
ระหว่างปี พ.ศ. 2531 - 2546



ที่มา: บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน FAOSTAT, 2004

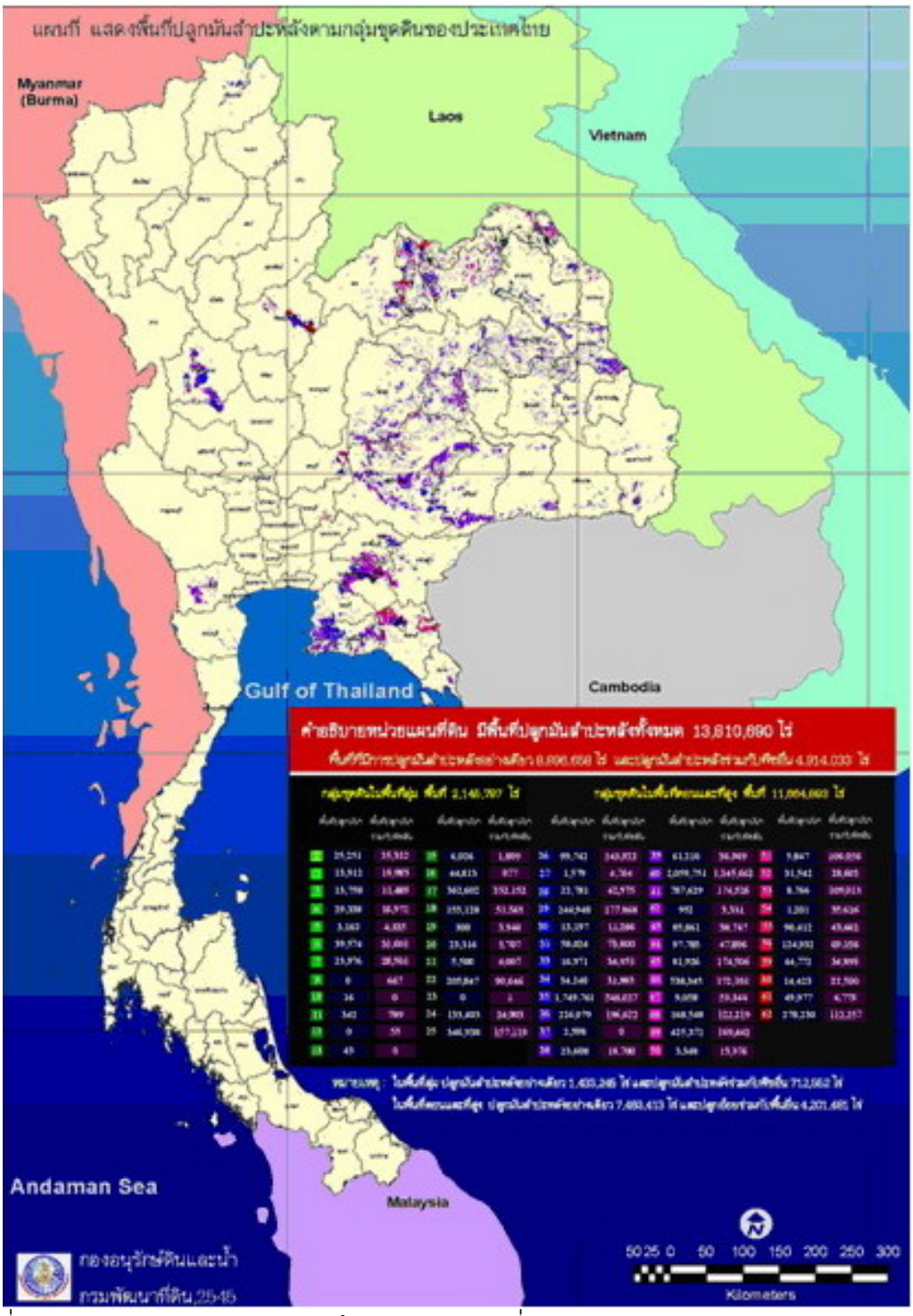
มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยเป็นลำดับที่ 3 รองจากข้าวและยางพารา โดยเป็นพืชอาหาร พืชอาหารสัตว์ และวัสดุตั้งต้นของอุตสาหกรรมหลากหลายชนิด ส่วนใหญ่เพาะปลูกโดยเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือดังภาพที่ 4 โดยผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่สำคัญ ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลัง ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งมันสำปะหลัง (สารให้ความหวาน เด็กซ์ตริน เป็นต้น) สาคู อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรม

อาหาร เป็นต้น ซึ่งสินค้าเหล่านี้จัดเป็นสินค้าส่งออกที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก โดยพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของไทยจัดเป็นอันดับที่ 5 ของโลก รองจากไนจีเรีย คองโก บราซิล และอินโดนีเซีย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพื้นที่เพาะปลูกมันสำหลังของประเทศไทยลดลงจากจาก 8.75 ล้านไร่ เป็น 6.25 ล้านไร่ แต่ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 2.27 ตันต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2539 เป็น 2.8 ตันต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2546 ซึ่งสูงกว่าปริมาณผลผลิตเฉลี่ยทั่วโลก 1.72 ตันต่อไร่ พื้นที่ปลูกที่สำคัญได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ ฉะเชิงเทรา สระแก้ว กำแพงเพชร ชลบุรี และกาฬสินธุ์ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด 37 ล้านไร่หรือคิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด อย่างไรก็ตามเนื่องจากเกษตรกรจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยการปลูกมันสำปะหลังของไทยมีต้นทุนการผลิตประมาณ 810 บาท/ตัน ฉะนั้นหากราคาผลผลิตมันสำปะหลังต่ำกว่า 0.81 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรอาจประสบกับสภาวะขาดทุนได้ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญในการวิจัยเพื่อพัฒนาหาสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ทางภาครัฐบาลจึงใช้ปริมาณผลผลิตต่อไร่เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่นำมาใช้ในการวางนโยบาย การวางแผนการผลิต และการตลาดสำหรับการส่งเสริมการปลูกและแปรรูปมันสำปะหลังในประเทศไทย

ปัญหาหลักในการเพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย ได้แก่ การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน การชะล้างพังทลายของดิน และความหลากหลายของพันธุ์ต่ำ กรมวิชาการเกษตรจึงได้มีการพัฒนาและคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังท้องถิ่นที่มีปริมาณผลผลิตและร้อยละแป้งสูง ได้แก่ พันธุ์ระยอง 1 ขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่ และมีการศึกษาวิธีการปฏิบัติในการเพาะปลูกที่เหมาะสม ได้แก่ การเตรียมดิน การเลือกและเก็บรักษาท่อนพันธุ์ วิธีการปลูก ระยะเวลาปลูก การจัดการปุ๋ย การปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชระหว่างแถว การควบคุมวัชพืช และการลดการชะล้างพังทลายของดิน โดยควรเน้นที่การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน การลดการชะล้างพังทลายของดิน และเทคนิคการลดจำนวนแรงงาน และเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมมันสำปะหลังไทยโดยการพัฒนาสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งสูงเพื่อลดต้นทุนการผลิต

ภาพที่ 2.10

พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังกระจายตามกลุ่มชุดดินของประเทศไทย



ที่มา: บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน กรมพัฒนาที่ดิน, 2545

ลักษณะของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชล้มลุก ใบเป็นรูปปาล์ม มีประมาณ 5 - 7 แฉก ก้านใบยาว รากที่งอกจากท่อนพันธุ์ (cutting) สามารถงอกได้จาก 3 ส่วนคือ รากจากส่วนเนื้อเยื่อ cambium รากจากส่วนตา และรากจากส่วนรอยหลุดร่วงของใบ (leaf scar) หัว (tuber) ของมันสำปะหลัง รากหรือหัวจะเจริญเติบโตลงดิน เหง้าจะงอกลงดินไปที่ความลึกประมาณ 50 - 100 เซนติเมตร

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสามารถในการดูดธาตุอาหารมาก จึงทำให้สามารถปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ เป็นพืชที่สามารถผสมพันธุ์ได้ภายในตัวเอง ผลเป็นรูปสามเหลี่ยมภายในมี 3 ช่อง แต่ละช่องมีเมล็ด 1 เมล็ด จำนวนและน้ำหนักหัวจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ขนาดของหัวมันอาจมีความยาวระหว่าง 30 - 120 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 - 15 เซนติเมตร และหนัก 1 - 8 กิโลกรัม หรือมากกว่า

เปลือกมันสำปะหลังประกอบด้วย เปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน ส่วนแรกประกอบด้วย cork cells โดยทั่วไปมีสีเข้ม ล้างออกได้โดยการล้างน้ำซึ่งมักกระทำกันในโรงงานขนาดใหญ่ เปลือกชั้นในประกอบด้วยท่ออาหารซึ่งแยกเปลือกออกจากส่วนเนื้อ แยกออกได้โดยง่าย ซึ่งเปลือกส่วนใหญ่มาจากราก คิดเป็นร้อยละ 0.5 - 2 ของน้ำหนักหัวมันสำปะหลัง เปลือกชั้นในหนักประมาณร้อยละ 8 - 15 หัวมันสำปะหลังที่โตเต็มที่จะมีเปลือกชั้นในหนาประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร องค์ประกอบของแป้งที่เปลือกมีประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณแป้งทั้งหมด การสูญเสียแป้งส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิต

การปลูกมันสำปะหลัง

โดยทั่วไปเกษตรกรมักปลูกมันสำปะหลังเพื่อให้ร่มเงากับต้นอ่อนของโกโก้ กาแฟ ยางพารา หรือปาล์มน้ำมัน แต่ในประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชเชิงเดี่ยว โดยที่เกษตรกรอาจปลูกมันสำปะหลังบนพื้นดินเดิมเป็นเวลากว่า 10 ปี ถ้าราคาของหัวมันสำปะหลังสดต่ำลง เกษตรกรอาจเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่น เช่น อ้อย หรือข้าวโพด เป็นต้น กระทั่งราคามันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจึงหันกลับมาปลูกอีกครั้ง น้ำมีความสำคัญก่อนที่มันสำปะหลังจะตั้งตัวได้ ในดินที่มีความชุ่มชื้น มันสำปะหลังจะแตกหน่อภายใน 1 สัปดาห์หลังปักท่อนพันธุ์ และมีอัตรารอดตายประมาณร้อยละ 95 เกษตรกรจึงต้องเตรียมการปลูกซ่อมประมาณร้อยละ 5 หลังปลูกไปได้ประมาณ 1 เดือน หากเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังเพื่อเป็นพืชให้ร่มเงาชั่วคราวก็ไม่จำเป็นต้องดูแลเป็นพิเศษ แต่หากปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยวเกษตรกรจำเป็นต้องให้การดูแลบ้างเล็กน้อย ในบางพื้นที่อาจต้องการ

ระบบชลประทานหากฝนขาดช่วง และพรวนดินเพื่อรักษาความชุ่มชื้นของดินชั้นล่างโดยเฉพาะในพื้นที่ดินทราย

สำหรับการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ ปัญหาที่สำคัญที่พบ ได้แก่ การควบคุมวัชพืช เกษตรกรอาจมีความจำเป็นต้องกำจัดวัชพืช 2 - 3 ครั้งจนกระทั่งมันสำปะหลังเติบโตจนใบสามารถคลุมวัชพืชได้ ระยะเวลาที่จำเป็นต้องกำจัดวัชพืช คือ ช่วงเวลาที่มันสำปะหลังแทงหัวหรือแตกหน่อ

ภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชเขตร้อน สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงละติจูด 30 องศาเหนือถึง 30 องศาใต้ แหล่งเพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ระหว่างช่วงละติจูด 20 องศาเหนือ ถึง 20 องศาใต้ ต้องการอากาศอบอุ่น โดยมันสำปะหลังจะหยุดการเจริญเติบโตที่ 10 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะมันสำปะหลังไม่ทนต่อสภาพหนาวเย็น หรือมีน้ำค้างแข็ง (frost) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตสูงสุด ได้แก่ พื้นที่ราบต่ำเขตร้อน มีความสูงต่ำกว่า 150 เมตร จากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิเฉลี่ย 25 - 27 องศาเซลเซียส แต่มันสำปะหลังบางชนิดก็สามารถปลูกที่ความสูง 1,500 เมตร จากระดับน้ำทะเลได้ มันสำปะหลังเหมาะที่จะปลูกในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูง สามารถขึ้นได้ในที่มีฝนเฉลี่ยปีละ 500 - 1500 มิลลิเมตร พืชสามารถทนแล้งได้เป็นเวลายาวนานกว่าพืชอาหารชนิดอื่น จึงทำให้มันสำปะหลังมีความสำคัญสำหรับพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำหรือสภาพอากาศแปรปรวนสูง ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน ฤดูแล้งมีอิทธิพลต่อมันสำปะหลังเช่นกัน โดยจะเกิดภาวะการณ์หยุดการเจริญเติบโตชั่วคราวประมาณ 2 - 3 เดือน แล้วฟื้นตัวอีกครั้งเมื่อฝนตกอีกครั้ง มันสำปะหลังเป็นพืชวันยาว การทดลองชี้ให้เห็นว่ามันสำปะหลังต้องการแสงประมาณ 12 ชั่วโมง หากมากกว่านั้นจะยับยั้งการสะสมแป้งของมันสำปะหลัง

ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง

ดินที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ควรเป็นดินทราย หรือดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ลึก และมีความอุดมสมบูรณ์พอสมควร แต่ก็สามารถขึ้นได้ดีในดินทรายถึงดินเหนียว และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ ในทางปฏิบัติ มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ในดินหลากหลายชนิดหากมีดินที่ร่วนซุยพอสำหรับการเจริญเติบโตของหัวมัน มันสำปะหลังสามารถให้ผลผลิตได้แม้ในพื้นที่ดินที่โครงสร้างถูกทำลายจากการทำเกษตรซ้ำซากที่ไม่

เหมาะต่อการปลูกพืชชนิดอื่นๆ ในพื้นที่ดินที่อุดมสมบูรณ์มันสำปะหลังสามารถให้ผลผลิตที่สูงมาก บางพื้นที่ของประเทศไทยที่เป็นพื้นที่บุกเบิกจากพื้นที่ป่าจะให้ผลผลิตสูงมาก

การเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

การปลูกมันสำปะหลังสามารถทำได้โดยการปักท่อนพันธุ์หรือใช้เมล็ด แต่โดยทั่วไปจะใช้เมล็ดเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ ในขณะที่การปลูกเพื่อการค้าจะใช้ท่อนพันธุ์ การแตกหน่อของท่อนพันธุ์จะขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ อายุของท่อนพันธุ์ การเก็บรักษาท่อนพันธุ์ และสภาพแวดล้อม มีขั้นตอนการเตรียมพันธุ์มันสำปะหลังดังนี้

1. ควรตัดท่อนพันธุ์จากส่วนกลางของลำต้นที่มีอายุ 8 - 12 เดือน
2. เกษตรกรควรใช้ท่อนพันธุ์ภายใน 30 วันหลังการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังบางสายพันธุ์ เช่น พันธุ์ระยอง 3 และระยอง 90 ควรใช้ท่อนพันธุ์ภายใน 15 วันหลังการเก็บเกี่ยว
3. ควรเก็บรักษาท่อนพันธุ์ในที่ร่มเงา
4. ความยาวท่อนพันธุ์ที่เหมาะสม คือ 20 - 25 เซนติเมตร และมีตาอย่างน้อย 10 ตา
5. สำหรับการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ เกษตรกรอาจแช่ท่อนพันธุ์ด้วยปุ๋ยหมักน้ำประมาณ 1 คืนก่อนการนำท่อนพันธุ์ไปใช้ จะทำให้ร้อยละการงอกเพิ่มมากขึ้น

ความเป็นพิษ

หัวมันสำปะหลัง กิ่งก้าน และใบของมันสำปะหลังประกอบไปด้วยไซยาโนเจเนติกกลูโคไซด์ (cyanogenetic glucoside) ที่เรียกว่า ฟาซีโอลูนาติน (phaseolunatin) ซึ่งจะแปรสภาพเป็น กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid, prussic acid) อะซิโตน (acetone) และกลูโคส (glucose) ในขบวนการเก็บเกี่ยวโดยเอนไซม์ไลเนส (linase)

กรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) จะทำให้มันสำปะหลังมีรสขม ระหว่างการเก็บเกี่ยวปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกจะมีตั้งแต่เล็กน้อยถึงมากในระดับอันตรายต่อชีวิตในหัวมันสำปะหลังสด จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณกลูโคไซด์ในต้นมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นให้พื้นที่แล้งและขาดโพแทสเซียม

ขบวนการไฮโดรไลซิสของกลูโคไซด์โดยเอนไซม์จะถูกเร่งปฏิกิริยาโดยการล้างด้วยน้ำ การตัด หรือการให้ความร้อนแก่หัวมันสำปะหลัง ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในพืชหัวจะขึ้นอยู่กับ

สายพันธุ์และพื้นที่ปลูก ในมันหวาน (sweet varieties) กรดไฮโดรไซยานิกส่วนใหญ่จะอยู่ที่เปลือกนอก แต่ในมันขม (bitter varieties) จะกระจายอยู่ในราก

ในการคัดเลือกสายพันธุ์ควรจะพิจารณาปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก สายพันธุ์ที่มีความเป็นพิษสูงจะได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษสำหรับอุตสาหกรรมแป้งเพราะจะถูกขโมยโดยสัตว์และมนุษย์น้อย

ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง

การปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่เปิดใหม่นั้นไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย เช่นเดียวกับพืชหัวทั่วๆ ไป มันสำปะหลังมีความต้องการธาตุอาหารพืชสูงและใช้ธาตุอาหารพืชในดินอย่างรวดเร็ว เมื่อเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่เดิมเป็นระยะเวลานาน ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินจะสูญเสียไปและต้องการการใส่ปุ๋ยเพื่อทดแทน จากการทดลองในประเทศบราซิล อินเดีย และตะวันออกไกล แสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตและร้อยละแป้งของมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ย เกลือโพแทสเซียมมีความจำเป็นต่อการสร้างแป้ง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามหากดินมีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้มันสำปะหลังมีใบมากโดยไม่เพิ่มขนาดหัว

ปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังในทวีปอัฟริกาและละตินอเมริกาเพื่อการค้า เกษตรกรจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ย ในประเทศไทยเกษตรกรเพียงส่วนน้อยที่ใส่ปุ๋ย เนื่องจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงมากเกินไปสำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยมากเกษตรกรจะใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลวัว มูลไก่ หรือเศษอาหาร ชนิดและปริมาณความต้องการปุ๋ยของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลผลิต

โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลัง มักจะไม่ได้ปลูกมันสำปะหลังบนพื้นที่ที่ให้ผลผลิตสูง เช่น ดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์และเป็นดินลึก เมื่อเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังตามวิธีแบบดั้งเดิมจะได้ปริมาณผลผลิตประมาณ 0.8 - 3.2 ตันต่อไร่ ขึ้นอยู่กับภูมิภาค ความหลากหลาย ดิน และปัจจัยอื่น ๆ แต่ถ้าเกษตรกรมีการเพาะปลูกแบบประณีตจะสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 4.8 - 6.4 ตันต่อไร่ และในบางสายพันธุ์อาจให้ผลผลิตสูงถึง 9.6 ตันต่อไร่ ซึ่งการปลูกมันสำปะหลังที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงจะเกิดขึ้นเฉพาะในแปลงทดลองและเกษตรกรที่มีความกระตือรือร้นที่จะพัฒนาเทคนิคการปลูกบางรายเท่านั้น

โรคและแมลงศัตรูพืช

ในหลายภูมิภาคโรคและแมลงศัตรูพืชไม่ส่งผลต่อการปลูกมันสำปะหลังมากนัก แต่ในบางพื้นที่อาจประสบปัญหาต่างๆ ดังนี้

1. โรคจากไวรัส - ไวรัสโมเสคและไวรัสยาสูบ ส่งผลต่อใบ ลำต้น และกิ่งก้าน พบได้ในบริเวณอ่าวอัฟริกา

2. โรคจากแบคทีเรีย เช่น *Phytomonas manihotis* (ในบราซิล), *Bacterium cassava* (ในอัฟริกา) และ *Bacterium solanacearum* (ในอินโดนีเซีย) ส่งผลต่อหัวมันสำปะหลัง ลำต้น หรือใบ

3. โรคจาก mycoses ส่งผลต่อหัวมันสำปะหลัง ลำต้น และใบ และเป็นเหตุให้เกิดโรคในมันสำปะหลังจำนวนมาก

4. แมลงบางชนิดมีผลต่อพืชโดยตรง เช่น ตั๊กแตน เต่าทอง และมด และบางชนิดเป็นพาหะของไวรัส เช่น aphids เป็นต้น

5. สัตว์ ได้แก่ หนู แพะ และหมู เป็นต้น อาจกินหัวมันสำปะหลัง

การเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถทำได้ตลอดทั้งปีเมื่อหัวมันโตเต็มที่ ในพื้นที่ที่มีฤดูฝน เช่น ประเทศไทย การเก็บเกี่ยวมักทำในฤดูแล้งในช่วงพักตัวของมันสำปะหลัง ในพื้นที่ที่มีน้ำฝนตลอดทั้งปี เช่น ประเทศมาเลเซีย การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถทำได้ตลอดทั้งปี ระยะเวลาที่มันสำปะหลังโตเต็มที่สามารถเก็บเกี่ยวได้จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แต่การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเพื่อนำมาเป็นอาหารจะกระทำในช่วงที่มันอายุ 12 เดือนหรือต่ำกว่า เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแป้งในมันสำปะหลังควรกระทำในช่วงที่ปริมาณแป้งสูงสุด จากการทดลองในพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกทั่วๆ ไปในเขตร้อนอายุของมันสำปะหลังที่ให้ปริมาณแป้งเหมาะสมในการเก็บเกี่ยว ได้แก่ มันสำปะหลังที่มีอายุ 18 - 20 เดือน

การผลิตหัวและแป้งของมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงค่าสูงสุด หลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่ปริมาณแป้งจะลดลงอย่างรวดเร็ว หากปล่อยให้หัวมันสำปะหลังคงอยู่ในดินมากกว่าอายุการเก็บเกี่ยว แป้งจะเปลี่ยนสภาพเป็นลิกนินเป็นผลให้หัวมันแข็งและมีลักษณะคล้ายไม้ยากต่อการนำไปปรุงอาหารและแปรรูปอื่นๆ

เมื่อหัวมันสำปะหลังถูกเก็บเกี่ยว จะเสื่อมสภาพภายใน 48 ชั่วโมง เนื่องจากการย่อยสลายของเอนไซม์ในหัวมัน หัวมันสดที่ถูกแช่เย็นจะเก็บไว้ได้ถึง 1 สัปดาห์ ถ้าเก็บรักษาไว้ใต้ดินโดยไม่ถูกกระทบจากพืชจะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่า

ปัจจุบันเกษตรกรยังคงเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังด้วยมือ โดยใช้เครื่องทุ่นแรงเพียงเล็กน้อย ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 วัน ก็จะถูกตัดยอด ลำต้นจะถูกตัดที่ระดับ 40 - 60 เซนติเมตร เหนือระดับพื้นดินด้วยมือและเครื่องจักรกล เหลือความยาวของต้นที่ติดกับรากเพียงพอที่จะดึงรากขึ้นจากดินได้ จากนั้นเกษตรกรจะคัดเลือกท่อนพันธุ์สำหรับการปลูกในรอบถัดไปและเผาส่วนที่ไม่ต้องการทิ้ง

ในดินทรายเกษตรกรจะค่อยๆ ถอนหัวมันด้วยมือหรืออาจใช้ชะแลงช่วยงัดแล้วจึงตัดหัวมันออกจากเหง้า ในดินเหนียวเกษตรกรอาจต้องขุดหลุมรอบๆ ก่อนดึงขึ้น ข้อควรระวังสำหรับเกษตรกรคือ เมื่อตัดยอดออกแล้วจะต้องเอาหัวมันขึ้นเพราะจะมีผลต่อการแตกหน่อและการสูญเสียปริมาณแป้งในหัวมันอย่างรวดเร็ว

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

ในประเทศไทยมีการพัฒนาการแปรรูปมันสำปะหลังดังต่อไปนี้

1. การแปรรูปเพื่อเป็นอาหารมนุษย์ ได้แก่ มันหวานทอดและเฟรนช์ฟราย

2. การแปรรูปเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังดิบ (native starch) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (modified starch) เพื่อทดแทนแป้งข้าวสาลี (wheat flour) ผงชูรส ฟรุกโตสไซรัป (high fructose syrup) ไลซีน (L - Lysine) และกรดซิตริก (citric acid)

3. การแปรรูปเพื่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ได้แก่ มันเส้น (cassava chips) และมันอัดเม็ด (pellets)

4. การแปรรูปเพื่ออุตสาหกรรมอื่นๆ ได้แก่ เอทานอล (ethanol) พลาสติกที่ย่อยสลายได้ (biodegradable plastics) โพลีเมอร์ดูดซับน้ำสูง (high water absorbing polymers) และไซโครเด็กซ์ตริน (cyclodextrin)

งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการเพาะปลูก

ในประเทศไทยการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการปลูกจัดทำโดยกรมวิชาการเกษตร และจากความร่วมมือระหว่างกรมวิชาการเกษตรกับสถาบันวิจัยการเกษตรต่างๆ ในเบื้องต้นการวิจัยมีเป้าหมายเพื่อการให้คำแนะนำการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ต่างๆ การเพาะปลูกในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง อุณหภูมิสูง ของภูมิอากาศเขตร้อน ซึ่งดินมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติสูง ปริมาณอินทรียวัตถุลดลงอย่างรวดเร็ว การสูญเสียธาตุอาหารพืชจากเขตรากพืช และการอัดแน่นของดิน จะมีการเสื่อมโทรมของดินอันเนื่องมาจากการปลูกมันสำปะหลังขยายตัวมากกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นๆ

ระหว่างปี พ.ศ. 2508 - 2543 ได้มีการวิจัยที่มุ่งไปที่พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ลงมาการวิจัยได้มุ่งเน้นเรื่องการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน การควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน การปลูกพืชระหว่างแถว การปลูกพืชหมุนเวียน และการเตรียมดิน โดยความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร และ CIAT (บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน Tongglum, 2000)

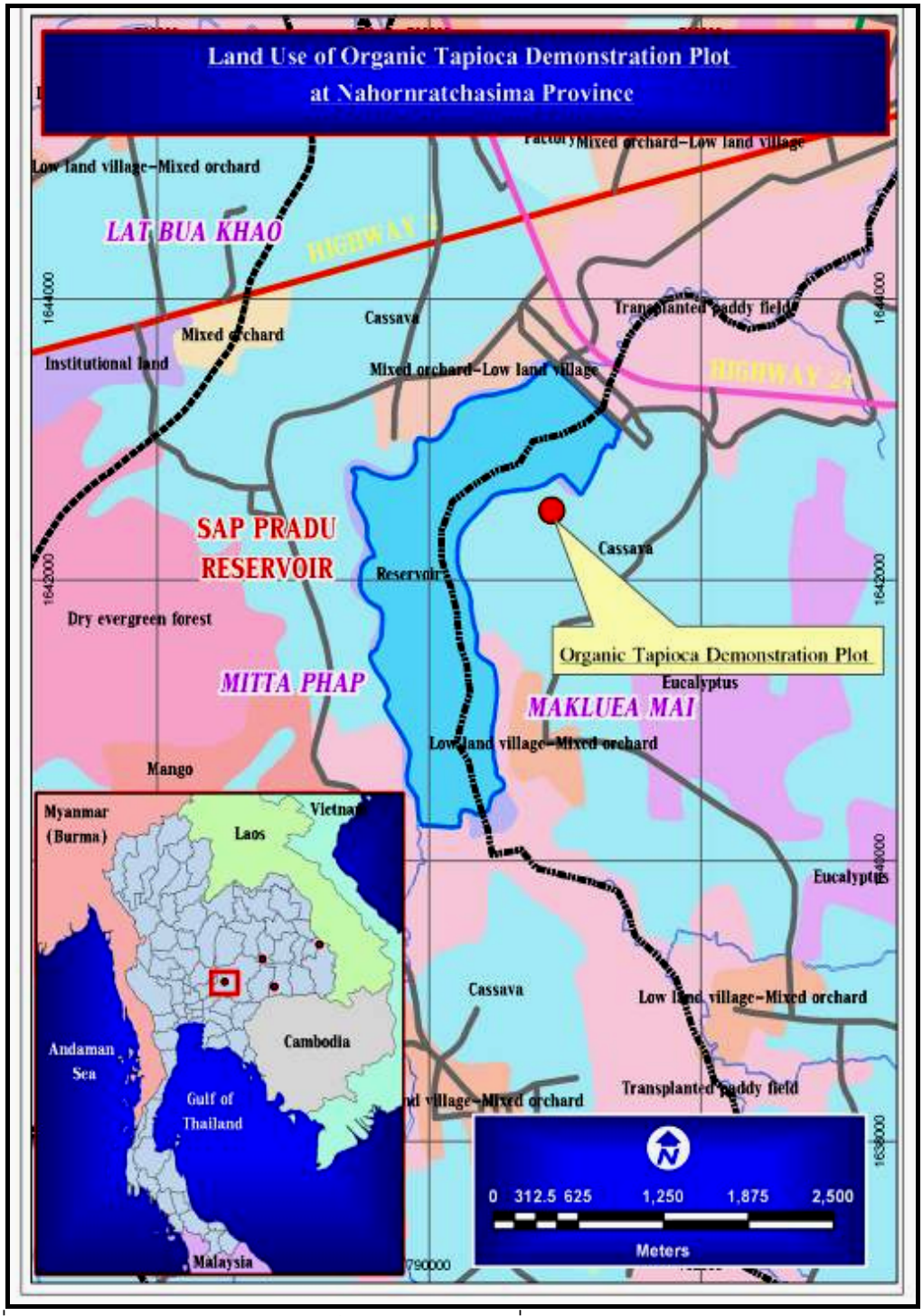
การวิจัยเทคโนโลยีการเพาะปลูกมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะปลูกให้สามารถผลิตผลผลิตในปริมาณสูงและมีเสถียรภาพ แล้วถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรรายย่อย ขอบเขตการวิจัย ได้แก่

การเตรียมดิน จากการวิจัย พบว่าการฉีดสารควบคุมวัชพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินให้ผลที่ไม่แตกต่างจากการเตรียมดินปกติ รวมทั้งการใช้รถไถเดินตาม การลดการไถพรวนดินนอกจากจะช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินแล้วยังช่วยลดต้นทุนการผลิตอีก

วิธีการปลูก การใช้ท่อนพันธุ์ที่มีความยาวระหว่าง 10 - 30 เซนติเมตร ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แม้ว่าท่อนพันธุ์ที่มีขนาดสั้นกว่าจะมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าก็ตาม มันสำปะหลังให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันบนพื้นที่แนวสันเขาและพื้นที่ราบ การปักท่อนพันธุ์ในแนวราบให้ปริมาณผลผลิตต่ำกว่า ในขณะที่การปักในแนวระดับหรือเอียงให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกัน ความลึกในการปักท่อนพันธุ์ (5 หรือ 10 เซนติเมตร) ให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันเมื่อทำการปักในแนวระดับหรือเอียง

ระยะเวลาการปลูกและอายุเก็บเกี่ยว จากงานวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2519 - 2521 แสดงให้เห็นว่าการปลูกมันสำปะหลังในเดือนมิถุนายนจะให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดและจะลดลงหากปลูกช้ากว่านั้น ปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้นระหว่างช่วงที่มันสำปะหลังมีอายุ 8 - 18 เดือน โดยทั่วๆ ไปเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยมือ แต่ในบางพื้นที่อาจใช้เครื่องจักรกลการเกษตรช่วย

ภาพที่ 2.11
การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่แปลงสาธิต ตำบลมะเกลือใหม่
อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

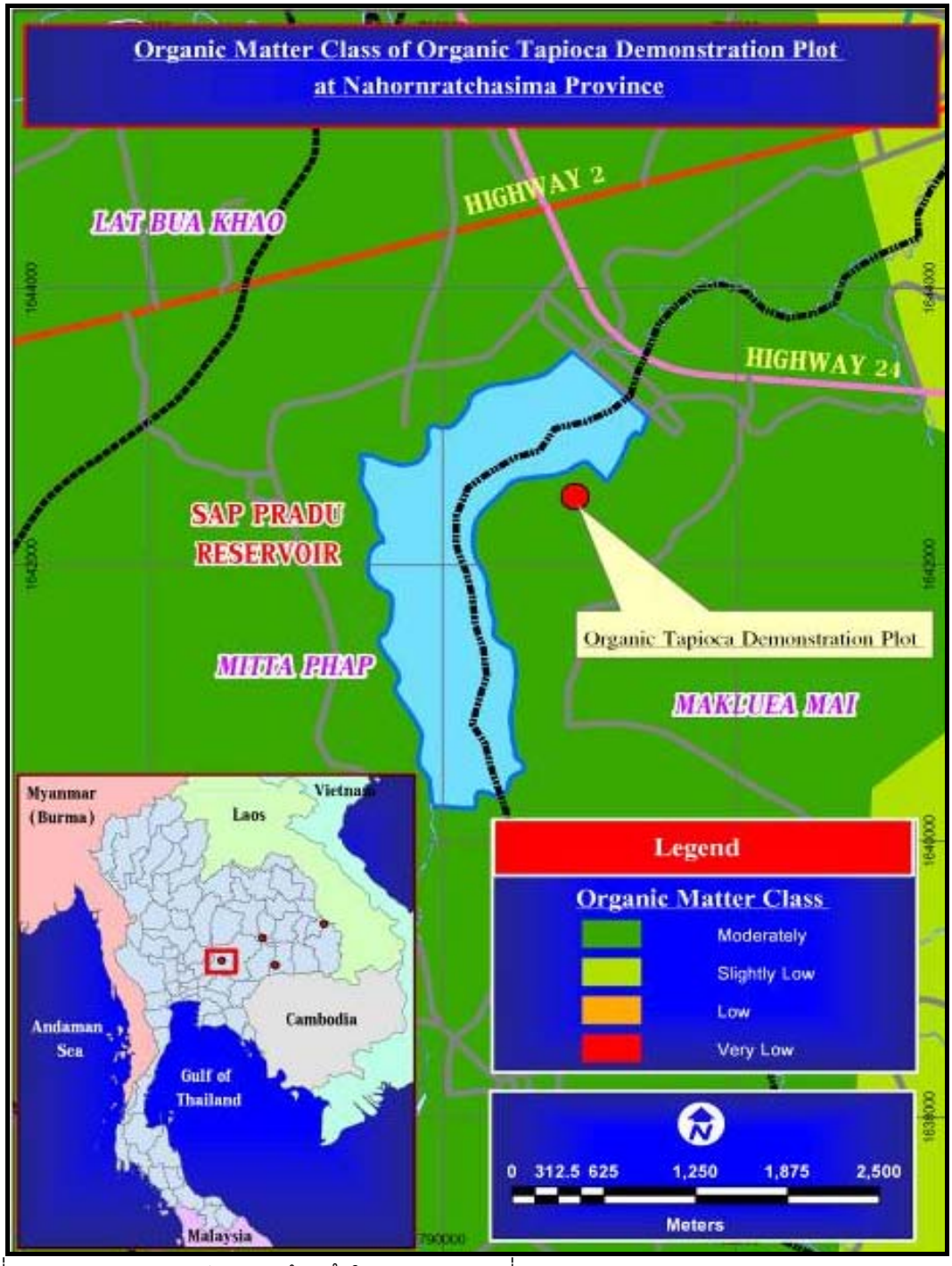


ที่มา: บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน กรมพัฒนาที่ดิน, 2545

ภาพที่ 2.12

ปริมาณอินทรียวัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณแปลงสาธิต

ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา



ที่มา: บัณฑิต อนุรักษ์, 2550 อ้างถึงใน กรมพัฒนาที่ดิน, 2545

ธาตุอาหารในดิน

ปริมาณของธาตุอาหารในดิน

แม้ว่าดินทั่วๆ ไปมีสมบัติทางเคมีแตกต่างกันอย่างมาก แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะด้านธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในดินโดยใช้พิสัยของปริมาณธาตุต่างๆ ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ดินบนจากแถบอบอุ่น พบว่าพิสัยของปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างกว้าง แต่ในความเป็นจริงแล้วดินที่ใช้ในการเกษตรทั่วไปจะมีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่างร้อยละ 1 - 3 ดินน้อยชนิดที่จะมีปริมาณสูงกว่านี้ ทั้งนี้เพราะอินทรียวัตถุสลายตัวได้อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในแถบชุ่มชื้นและอุณหภูมิสูงอย่างในเขตร้อนทั่วไป เมื่ออินทรียวัตถุ (มีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 5) สลายตัวให้สารประกอบไนโตรเจน ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุร้อยละ 1 - 3 จึงให้ธาตุไนโตรเจนน้อยถึงปานกลางเท่านั้น

เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะเห็นว่ามีค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้อาจอยู่ในรูปของสารประกอบที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยาก ต้องสลายตัวหรือเปลี่ยนรูปเสียก่อนจึงจะเป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นดินทั่วๆ ไปจึงมักจะให้ธาตุทั้งสองนี้ไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช

ไนโตรเจน

เมื่อกล่าวถึงธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากหรือธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrient) ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีบทบาทในการเจริญเติบโตของพืชอย่างเห็นได้ชัดที่สุด อาทิเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืชสวนครัว พืชจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ใบจะโตและเขียวสดขึ้นทันทีทั้งนี้เป็นเพราะไนโตรเจนเป็นธาตุที่ช่วยให้พืชสร้างโปรตีนได้อย่างเพียงพอ พืชทุกชนิดต้องมีโปรตีนเพราะโปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโพรโทพลาสซึม (protoplasm) โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโนเป็นจำนวนมาก กรดอะมิโนเหล่านี้มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญปัจจุบันพบว่ามีกรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิดที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ในโปรตีนของพืช ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยเร่งและควบคุมปฏิกริยาต่างๆ ในพืชให้ดำเนินไปอย่างเป็นปกติ นิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein) มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญเหมือนกัน สารประกอบนี้อยู่ในโครโมโซมและทำหน้าที่เป็นแม่พิมพ์ในระบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (heredity) คลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ใบไม้มีสีเขียว และมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง ก็มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย นอกจากนั้นยังมีสารประกอบที่สำคัญๆ อีกมากมายในพืชเช่น วิตามิน

(vitamin) และ adenosine triphosphate (ATP) ต่างก็มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย แหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญของพืชคือ ก๊าซไนโตรเจนซึ่งประกอบอยู่ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 78 แต่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง ซึ่งก๊าซไนโตรเจนจะถูกทำให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยการตรึงไนโตรเจนจากจุลินทรีย์ในพืชตระกูลถั่ว จุลินทรีย์ในดิน การเปลี่ยนรูปโดยประจุไฟฟ้าในบรรยากาศ และการสังเคราะห์จากกระบวนการอุตสาหกรรม (John, 1999)

ตัวอย่างของการศึกษาเกี่ยวกับการสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจนไปจากดินเมื่อมีการใส่ปุ๋ยให้กับข้าวผลการศึกษาพบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 100 พืชดูดเอาไปใช้ได้เพียงร้อยละ 41 – 49 เท่านั้น ส่วนที่เหลือบางส่วนยังคงอยู่ในดินและบางส่วนหายออกไปโดยกระบวนการต่างๆ เช่น การสูญเสียไปในรูปของก๊าซ ไหลบ่าไปตามคันนา สูญหายไปโดยการชะล้าง เป็นต้น (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, 2546)

ฟอสฟอรัส

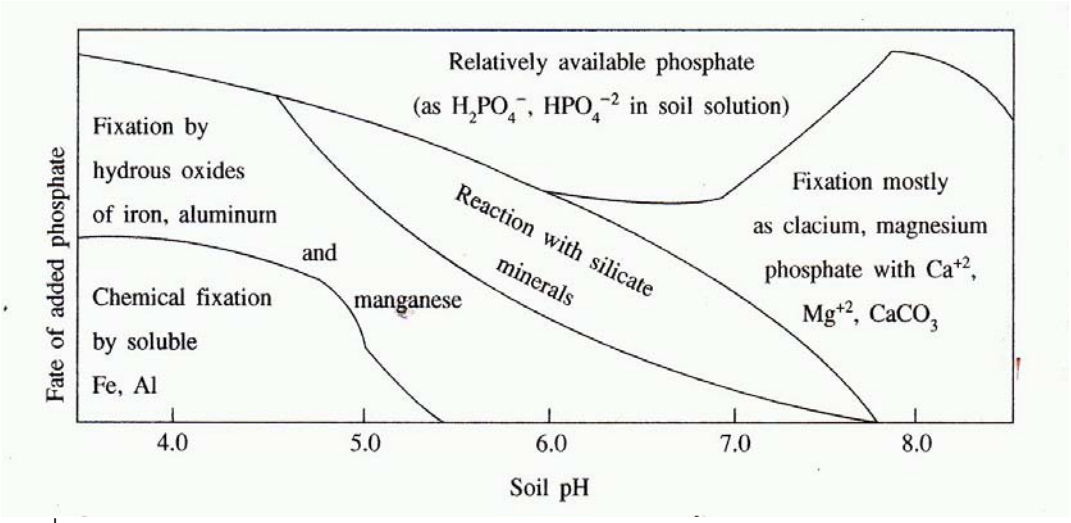
ไอออนฟอสเฟตอิสระอยู่ในน้ำในทางลำเลียงน้ำ (xylem) และอยู่ในน้ำในเซลล์ของพืช โดยทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระดับความเป็นกรด - เบสในพืชให้คงที่ ขณะเดียวกันก็เป็นวัตถุดิบของกระบวนการสร้างสารต่างๆ โดยเฉพาะสารที่เกี่ยวข้องกับระบบการถ่ายทอดพลังงานในพืช

ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของ nucleic acid (ใน gene บน chromosome) nucleoprotein (เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติหน้าที่ของเซลล์การสร้างองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ การแบ่งเซลล์และการสืบพันธุ์) และยิ่งกว่า ฟอสฟอรัสยังเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของสารฟอสเฟต ที่ทำหน้าที่รับช่วงถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารและระบบต่างๆ เช่น ระบบการสังเคราะห์แสงและระบบการหายใจในพืช เป็นต้น นอกจากนี้ในกระบวนการเพื่อการดำรงชีพและการเติบโตของพืชต่างๆ เช่น การดูดกินน้ำและธาตุอาหารพืชการสร้างสาร การขนย้ายสาร ล้วนต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น ด้วยเหตุเหล่านี้ฟอสฟอรัสจึงเกี่ยวข้องกับการสร้างเสริมการเติบโต ความแข็งแรงของพืช ทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและรากตลอดจนการออกดอกออกผลถ้าพืชได้รับปริมาณฟอสฟอรัสในปริมาณที่ไม่เพียงพอกับความต้องการ ไม่ว่าในช่วงใดของชีพจักรของพืช ย่อมมีผลทำให้กระบวนการดำรงชีพและการเติบโตของพืชผิดปกติซึ่งอาจมีผลมากพอที่ทำให้เกิดลักษณะอาการผิดปกติของพืชออกมาให้มองเห็นได้ในบางกรณี แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงและความยาวนานของการขาดแคลน ชนิดของพืช และช่วงของอายุขัยของพืช ในกรณีที่ความขาดแคลนรุนแรงพืชโดยทั่งไปจะแสดงลักษณะอาการผิดปกติดังนี้ คือ พืชมีการเติบโตที่จำกัด ต้นเล็กผอมแกร็น ไม้เถาอาจพบลำ

ต้นบิดเป็นเกลียว เนื้อไม้แข็งเปราะหักง่าย ใบเล็กผิดปกติ สีของใบล่างมักมีสีเหลืองอมสีอื่น (เช่น ข้าวโพดอมสีม่วง) สีของใบบนๆ ใกล้กับยอดกับสีของใบล่างต่างกันเด่นชัด ออกดอกช้ากว่าปกติ ดอกอาจเล็กและร้อยละของดอกที่ติดผลต่ำกว่าปกติ พืชแก่ช้า รากผอม บางสั้น และมีจำนวนจำกัด

เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายได้ดีลงไปในดิน ไอออนฟอสเฟตที่ละลายได้จะถูกตรึงไปเป็นจำนวนมากไม่ว่าดินนั้นจะมีความเป็นกรด - เบสสูงหรือต่ำ เมื่อความเป็นกรด - เบสของดินต่ำ ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยไอออนบวกที่ละลายได้พวก Fe^{+2}, Al^{+3} และ hydrous oxide ของเหล็ก อลูมินัม และแมงกานีส และจะค่อยๆ ลดปริมาณการตรึงลงเมื่อความเป็นกรด - เบสของดินสูงขึ้นจาก 4 เป็น 7 แต่ในเวลาเดียวกันก็จะถูกตรึงโดย Ca^{+2}, Mg^{+2} และ $CaCO_3$ เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตเป็นปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความเป็นกรด - เบสของดินสูงขึ้นจาก 6 เป็น 8 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ภาพที่ 2.13
แสดงสัดส่วนของการตรึงฟอสเฟตซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับ
ความเป็นกรด - เบสต่างๆ ของดิน



ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548

จากภาพแสดงให้เห็นสัดส่วนของการตรึงฟอสเฟตซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับความเป็นกรด - เบสต่างๆ ของดิน จะเห็นว่าเมื่อดินมีความเป็นกรด - เบสอยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 จะมีฟอสเฟตในรูปที่พืช

จะใช้ประโยชน์มากที่สุด (maximum phosphate availability) แต่ก็มิได้หมายความว่าระดับของปริมาณนี้ในดินขณะนั้น จะเพียงพอแก่ความต้องการของพืชที่ปลูก ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณแร่ฟอสเฟตและอำนาจในการตรึงฟอสเฟตของดิน ถ้าดินมีอำนาจในการตรึงสูง ระดับที่มีไอออนฟอสเฟตในสารละลายดินมากที่สุด จะมีปริมาณฟอสเฟตที่พืชใช้ได้ต่ำ และทางตรงกันข้าม ถ้าดินมีอำนาจในการตรึงต่ำ ปริมาณของฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในช่วง ความเป็นกรด - เบสนี้จะมีอยู่มาก

ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิดในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเศษพืชหรือเศษวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ จนกระทั่งได้สารอินทรียวัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น สีน้ำตาลปนดำ มีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ (วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, พิทยากร ลิ่มทอง, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ และ ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์, 2535) ในแปลงพืชผักและไม้ผลของเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ มูลสุกร มูลไก่เนื้อ มูลไก่ไข่ มูลวัวและมูลควาย โดยนำมาใส่ในแปลงพืชผักและไม้ผลโดยตรงไม่ได้ผ่าน ขบวนการหมักและย่อยสลายก่อน ซึ่งจะพบปัญหาในเรื่องของเมล็ดวัชพืชที่ติดมา รวมถึงจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและไข่ของแมลงที่ เป็นศัตรูพืช รวมทั้งการใส่ปุ๋ยคอกสดลงในดินจะเกิดขบวนการย่อยสลายปุ๋ยคอกสดทำให้เกิดความร้อน และมีการดึงไนโตรเจนจากดินไปใช้ ทำให้ดินบริเวณนี้ขาดไนโตรเจนมีผลกระทบต่อพืชทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตและแสดงอาการใบเหลือง ดังนั้นในการเอาปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยมูลสัตว์ใส่ลงไปเพื่อให้เกิดประโยชน์กับต้นพืช จึงควรทำการหมักก่อน ขณะที่หมักกองปุ๋ยหมักจะเกิดความร้อนเนื่องจากขบวนการ ย่อยสลายของจุลินทรีย์ ความร้อนในกองปุ๋ยหมักจะช่วยทำลายความงอกของเมล็ดวัชพืช จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและไข่ของแมลงที่เป็นศัตรูพืชเป็น การตัดวงจรของวัชพืช โรคแมลงศัตรูพืชช่วยประหยัดเวลาและแรงงานในการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูพืชและวัชพืชรวมทั้งเป็นการช่วยลดความสูญเสียของผลผลิตที่จะเกิดขึ้นจากการเข้าทำลายของโรคแมลงศัตรูพืช

กระบวนการผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งพบว่าลักษณะของวัสดุเหลือทิ้งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย (Solid Fertility Group, 1986) ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแต่ละอัตราส่วนระหว่างธาตุคาร์บอน และไนโตรเจนของวัสดุแต่ละประเภท จากการวิจัยพบว่าวัสดุกากอ้อย แกลบ และไส้ปอ มีระดับค่า C/N ratio ค่อนข้างสูงตั้งแต่ 100 ขึ้นไป จัดเป็นกลุ่มประเภทย่อยสลายยาก (วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ, 2525) สำหรับวัสดุ

เหลือทิ้งจากมันสำปะหลังและผลิตอาหาร และผลไม้กระป๋องจัดอยู่ในกลุ่มวัสดุประเภทย่อยสลายง่ายมีค่า C/N ratio อยู่ในระดับต่ำกว่า 100 (Soil Fertility Group, 1986) นอกจากนั้นการพิจารณาขนาดและความโปร่งของวัสดุมีความเกี่ยวข้องและเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการย่อยสลายด้วย (Poincelot, 1975) ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลายวัสดุจนแปรสภาพเปลี่ยนเป็นรูปของปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Guar, 1980) แนวทางการใช้ประโยชน์วัสดุดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักได้ เนื่องจากเป็นวิธีการที่จะทำให้ไม่สูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารบางส่วนที่มีอยู่ในวัสดุเหลือทิ้งแต่ละชนิด และเป็นแนวทางต่อการลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย (ปรัชญา ธัญญาดี, 2530) ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องในขบวนการทำปุ๋ยหมัก มีดังนี้

1. ความสมดุลของธาตุอาหารในวัสดุที่ผสมกันเพื่อใช้ทำกองปุ๋ยหมัก หรืออัตราส่วนที่เหมาะสมของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) เนื่องจากขบวนการย่อยสลายวัสดุที่เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นของกองปุ๋ยหมักต้องอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์หลายชนิดเป็นหลักดังนั้นการช่วยทำให้มีจุลินทรีย์ขึ้นอยู่อาศัยและเจริญเติบโตได้ดีในกองปุ๋ยหมักเป็นสิ่งที่ช่วยทำให้ขบวนการย่อยสลายวัสดุในกองปุ๋ยหมักเกิดได้ดีขึ้น และสิ่งสำคัญที่จุลินทรีย์ต้องใช้ในการทำงาน การเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของ จุลินทรีย์ ได้แก่ ธาตุอาหารที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน และไนโตรเจน เนื่องจากคาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของการสร้างเซลล์หรือร่างกายของจุลินทรีย์ สำหรับไนโตรเจนมีความสำคัญเนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของการสร้างโปรตีน กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ช่วยทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและทำงานได้ พบว่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีค่าประมาณ 30:1 จะทำให้ขบวนการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมักเกิดได้รวดเร็วเนื่องจากว่าการใส่วัสดุหรือส่วนผสมที่มีไนโตรเจนสูงมากไปในกองปุ๋ยหมัก เช่น มูลสัตว์ จะทำให้ไนโตรเจนส่วนที่เกินความต้องการของจุลินทรีย์สูญเสียไปในรูปของแก๊สแอมโมเนีย หรือถูกชะล้างไปจากกองปุ๋ยทำให้สูญเสียปุ๋ยไปโดยเปล่าประโยชน์ ในทางตรงกันข้ามถ้าส่วนผสมของกองปุ๋ยหมักมีไนโตรเจนต่ำเกินไป ไนโตรเจนจะไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้กองปุ๋ยหมักไม่ร้อนต้องใช้เวลาในการหมักนาน

2. ความชื้นในกองปุ๋ยหมัก ในการทำปุ๋ยหมักนอกจากจัดการอัตราส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ให้มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมแล้ว ปัจจัยต่อมาก็จะเป็นเรื่องของความชื้นในกองปุ๋ยหมัก เกษตรกรต้องรดน้ำให้กับกองปุ๋ยหมักอย่างเหมาะสม ไม่ใส่น้ำมากไปหรือน้อยไป โดยทั่วไปความชื้นที่เหมาะสมในกองปุ๋ยหมักควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 60 เกษตรกรสามารถ

คำนวณความชื้นได้โดยการใช้มือกำวัสดุที่ผสมเสร็จแล้วให้แน่นๆ เมื่อแบมือออกวัสดุส่วนผสมนั้นสามารถคงรูปร่างเป็นก้อนได้ แสดงว่ากองปุ๋ยหมักมีความชื้นในปริมาณที่เหมาะสม แต่ถ้าเมื่อแบมือออกวัสดุส่วนผสมที่กำไว้แตกร่วนไม่เป็นก้อน แสดงว่าน้ำน้อยไป หรือในทางตรงกันข้ามเมื่อกำมือแน่นๆ แล้วมีน้ำไหลออกมาตามง่ามนิ้วมือแสดงว่าใส่น้ำมากไป เนื่องจากการเจริญเติบโต การทำงาน และการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์จะต้องอาศัยน้ำหรือความชื้นที่เหมาะสมเป็นส่วนประกอบ ถ้ามีน้ำหรือความชื้นน้อยไปหรือมากไปในกองปุ๋ยหมัก การย่อยสลายเกิดได้ไม่ดี เกษตรกรสังเกตุได้จากกองปุ๋ยหมัก โดยพบว่ากองปุ๋ยหมักไม่ร้อน

3. อากาศ ขบวนการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมักนั้นเกิดขึ้นโดยการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้อากาศในการหายใจและในการทำงาน ดังนั้นจุลินทรีย์จะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อในกองปุ๋ยหมักมีอากาศแพร่กระจายถ่ายเทอย่างทั่วถึง ซึ่งเกษตรกรสามารถทำได้หลายวิธี

- การผสมวัสดุหยาบ เช่น ใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง ฟางข้าว จะช่วยทำให้อากาศแทรกซึมเข้ากองปุ๋ยหมักได้ดีกว่า การใช้ส่วนผสมหรือวัสดุที่มีขนาดเล็กหรือละเอียดเพียงอย่างเดียว เช่น แกลบ และมูลสัตว์

- การใส่ท่อพีวีซีหรือท่อนไม้ไผ่ที่ทะลุปล้องให้มีรูกลางตลอดลำปักไว้ในกองปุ๋ยเพื่อช่วยให้อากาศหมุนเวียนถ่ายเทได้อย่างทั่วถึง

- การกลับกองปุ๋ยหมัก เมื่อวัสดุส่วนผสมในกองปุ๋ยหมักถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจะทำให้ส่วนผสมมีขนาดเล็กลงทำให้ช่องว่างในกองปุ๋ยหมักมีขนาดเล็กลงหรือแน่นทึบอากาศที่มีอยู่เดิมถูกจุลินทรีย์ใช้หมดไป อากาศจากภายนอกไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่กองปุ๋ยหมักได้อย่างทั่วถึง การกลับกองโดยพลิกเอาส่วนที่อยู่ด้านในหรือด้านล่างของกองปุ๋ยมาอยู่ภายนอกจะช่วยเพิ่มอากาศเข้าไปในกองปุ๋ยหมักได้ดี

4. อุณหภูมิ การทำงานของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะทำให้เกิดความร้อน ดังนั้นถ้าเกษตรกรเตรียมอัตราส่วนผสมของวัสดุ น้ำ และอากาศ ในกองปุ๋ยหมักได้อย่างเหมาะสมจะพบว่าอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น โดยในช่วงแรกจุลินทรีย์จะมีกิจกรรมดีที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 - 37 องศาเซลเซียส ในช่วงหลังกองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 55 - 60 องศาเซลเซียส

ประเภทการหมัก

กระบวนการหมักเป็นกระบวนการทางชีวเคมีในการผสมผสานระหว่างการย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์จนกลายเป็นสารกึ่งฮิวมัสจนมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นปุ๋ย (Suwat, 1998)

- การหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน เป็นการย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์ในสภาพที่มีออกซิเจน โดยสามารถแสดงปฏิกริยาการย่อยสลายได้ดังสมการที่ 1

$$\text{Organic matter} + O_2 + \text{Nutrients} \longrightarrow CO_2 + NH_3 + SO_2 + \text{Resistance organic matter} + \text{New cell} + \text{Heat} \quad (1)$$

จากสมการจะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์ ได้แก่ โปรตีน, กรดอะมิโน, ไขมัน คาร์โบไฮเดรท และสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ก็คือปุ๋ยหมักที่เกิดขึ้นนั่นเอง ส่วนเซลล์ใหม่นั้นเมื่อตายไปก็จะถูกย่อยสลายและเหลือเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้

- การหมักปุ๋ยแบบไร้ออกซิเจน เป็นการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพที่ปราศจากออกซิเจนโดยสามารถแสดงปฏิกริยาการย่อยสลายได้ดังสมการที่ 2

$$\text{Organic matter} + H_2O + \text{Nutrients} \longrightarrow CH_4 + CO_2 + NH_3 + SO_2 + \text{Resistance organic matter} + \text{New cells} + \text{Heat} \quad (2)$$

จากสมการจะเห็นว่ากระบวนการนี้ทำให้เกิดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานความร้อนได้ แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนอันเนื่องมาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งกระบวนการหมักปุ๋ยแบบไร้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

- กระบวนการไฮโดรไลซิส คือ กระบวนการที่เปลี่ยนสารอินทรีย์ในรูปพอลิเมอร์และไขมันที่มีโมเลกุลซับซ้อนไปเป็นน้ำตาลและไขมันโมเลกุลเดี่ยว

- กระบวนการลดมวลโมเลกุลของสารประกอบ คือ กระบวนการที่จุลินทรีย์เปลี่ยนผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนที่ 1 ไปเป็นสารที่มวลโมเลกุลลดลง เช่น กรดอะซีติก, เมทานอล จุลินทรีย์ ดังกล่าวคือแบคทีเรียในกลุ่มสร้างกรดซึ่งมีทั้งแฟคัลเททีฟแบคทีเรีย และแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน

- กระบวนการเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ คือ กระบวนการที่จุลินทรีย์เปลี่ยนก๊าซ

ไฮโดรเจนซัลไฟด์และกรดอะซีติกเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุลินทรีย์ดังกล่าวคือแบคทีเรียในกลุ่มสร้างมีเทน ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนล้วนๆ จุลินทรีย์ชนิดนี้เป็นจุลินทรีย์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้ามาก ดังนั้นอัตราเมแทบอลิซึมจึงเป็นตัวกำหนดอัตราการเกิดปฏิกริยาในกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งปฏิกริยานี้จะสิ้นสุดเมื่อมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทนเกิดขึ้น

หลักในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

โดยทั่วไปมักจะมีปัญหาอยู่เสมอว่าวัสดุเหลือใช้ที่นำมากองทำปุ๋ยหมักนั้นย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะใส่ลงในดินแล้วหรือยัง ข้อกำหนดในการที่จะบ่งบอกว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ คือค่าอัตราส่วนสารประกอบของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุควรมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 20:1 (ต้องทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ) ซึ่งค่าของอัตราส่วนสารประกอบของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระดับดังกล่าว เมื่อนำปุ๋ยหมักใส่ลงในดินแล้วจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อพืช สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วสังเกตได้ดังนี้ คือ

1. สีของวัสดุเศษพืช หลังจากเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน

2. ลักษณะของวัสดุเศษพืช ที่เป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่มยุ่ยและขาดออกจากกันได้ง่ายไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก

3. กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นหรือกลิ่นฉุนแสดงว่า กระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์

4. ความร้อนในกองปุ๋ย หลังจากกองปุ๋ยหมักแล้วประมาณ 2 - 3 วันอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงประมาณ 50 - 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะสูงอยู่ในระดับนี้ระยะหนึ่งแล้วจึง ลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยจึงถือว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ แต่ควรพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เพราะในกรณีที่มีความชื้นน้อยหรือมากเกินไปอาจจะทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงได้เช่นกัน

5. ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อกองปุ๋ยหมักเกือบใช้ได้แล้วบางครั้งอาจมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้ แสดงว่าปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

ถั่วพุ่ม

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ถั่วพุ่ม *(Vigna spp.)* จัดเป็นพืชในวงศ์ *Leguminosae* มีชื่อสามัญว่า cowpea มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna unguiculata* ถั่วพุ่มมีลักษณะคล้ายถั่วเขียว จัดเป็นพืชล้มลุกมีลำต้นเป็นพุ่มใหญ่แตกกิ่งก้านสาขามากมาย ลำต้นสูง 1 ถึง 3 ฟุต มีใบหนา ต้นก้านใบสีเขียว ถ้าเป็นพันธุ์พื้นเมืองจะไวแสง มีระบบรากแก้วลึกลงในดินประมาณ 3 ถึง 5 ฟุต และมีรากแตกแขนงออกมา ใบเป็นใบรวมแบบ 3 ใบ ดอกมีสีเหลืองหรือเขียวอมเหลือง อยู่เป็นกลุ่มๆ ละประมาณ 10 ถึง 15 ดอก มีการผสมตัวเอง ฝักมีลักษณะเหมือนถั่วฝักยาว เมล็ดมีขนาดใหญ่และแบนกว่าเมล็ดถั่วเขียว 1 กิโลกรัม มี 5,000 ถึง 6,000 เมล็ด

การใช้ประโยชน์ ใช้ถั่วพุ่มเป็นพืชปุ๋ยสดแซมในไร่มันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชหลักในการปลูกแซมแถวเดียวในระหว่างกลางแถวมันสำปะหลังหรือจะปลูกพร้อมกันหรือไล่เลี่ยกันก็ได้ สามารถปลูกได้ตั้งแต่ต้นฝน หรือปลายฝนก็ได้

ประโยชน์ จะเพิ่มธาตุไนโตรเจนและอินทรียวัตถุให้แก่ดิน รักษาและเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น ช่วยคลุมดินลดการชะล้างพังทลายของดิน และเมื่อโตเต็มที่แล้วจะเป็นตัวป้องกันมิให้วัชพืชอื่นๆ ที่ไม่ต้องการขึ้นได้ (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน, มปป.)

ชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา

จากการจับพิกัดพื้นที่แปลงทดลองและนำไปประมวลผลในโปรแกรมของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าชุดดินในแปลงทดลองได้แก่ ชุดดินสตึก (Satuk series: Suk) โดยมีลักษณะและคุณสมบัติดังนี้

- กลุ่มชุดดินที่ 35
- การจำแนกดิน Fine - loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleustults
- การกำเนิด เกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน
- สภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2 - 8%
- การระบายน้ำ ดี
- การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ปานกลาง
- การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลางถึงเร็ว

- พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ ป่าเต็งรัง ปลูกพืชไร่

- การแพร่กระจาย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

- การจัดเรียงชั้น A - Bt

- ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาเข้มหรือสีน้ำตาลเข้ม ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแก่ สีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีเหลืองปนแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (ความเป็นกรด – เบส 5.5 - 6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (ความเป็นกรด – เบส 4.5 - 5.0) ในดินล่าง

- ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน ชุดดินวาริน

- ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เสี่ยงต่อการชาดแคลนน้ำ