บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาสมบัติของดินบริเวณที่พบเห็ดในเขตพื้นที่ป่าชุมชนดงใหญ่ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมทั่วไปของป่าบริเวณที่พบการเจริญเติบโตของเห็ดโคน เห็ดไค เห็ดระโงก และเห็ดเผาะ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี พร้อมทั้งเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักและแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินบริเวณที่พบเห็ดโคน เห็ดไค เห็ดระโงก และเห็ดเผาะในเขตพื้นที่ป่าชุมชนดงใหญ่ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง
   - 1.1 พื้นที่ป่าชุมชนดงใหญ่
   - 1.2 ดิน
     - 1.2.1 ความหมายของดิน
     - 1.2.2 ความสำคัญของดิน
     - 1.2.3 องค์ประกอบของดิน
     - 1.2.4 สมบัติทางกายภาพของดิน
     - 1.2.5 สมบัติทางเคมีของดิน
   - 1.3 ธาตุอาหารพืช
     - 1.3.1 ธาตุอาหารหลัก
     - 1.3.2 ธาตุอาหารรอง
   - 1.4 เห็ด
     - 1.4.1 ลักษณะโครงสร้างของเห็ด
     - 1.4.2 แหล่งอาหารของเห็ด
     - 1.4.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญของเห็ด
     - 1.4.4 คุณค่าทางอาหารของเห็ด
     - 1.4.5 คุณค่าทางยาของเห็ด
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 2.1 งานวิจัยภายในประเทศ
   - 2.2 งานในต่างประเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. พื้นที่ป่าชุมชนดงใหญ่

ป่าชุมชนดงใหญ่ เป็นพื้นที่สาธารณะประโยชน์เพื่อการใช้สอยร่วมกับของชุมชน มีเนื้อที่ 757 ไร่ ตั้งอยู่ห่างจากอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคามประมาณ 45 กิโลเมตร มีพื้นที่ครอบคลุม 2 ตำบล 18 หมู่บ้าน ประกอบด้วย ตำบลดงใหญ่ 16 หมู่บ้าน ตำบลโคกสีทองหลาง 1 หมู่บ้าน และตำบลแคน 1 หมู่บ้าน อยู่ในท้องที่อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม ดังแสดงในแผนที่หน้าต่อไป

สภาพพื้นที่ป่าชุมชนดงใหญ่โดยทั่วไปเป็นป่าเต็งรังที่มีไม้ยืนต้นที่สำคัญ ได้แก่ เต็ง รัง พลวง ตะแบก ประดู่ และมะค่าโมง จึงเป็นป่าโปรง ผลัดใบในระยะหนึ่งในฤดูแล้ง ไม้มีเรือนยอดห่าง มีความสูงเป็น 2 ระดับ เรือนยอดชั้นบนสูงประมาณ 10 – 20 เมตร ชั้นล่างสูงประมาณ 7 เมตร บางส่วนเป็นไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ เช่น ไผ่ซาง ไผ่บง และไผ่รวก พื้นล่างส่วนใหญ่เป็นหญ้า เช่น หญ้าเพ็คและมีวัชพืชและพืชล้มลุกปกคลุมอยู่ทั่วไป ดินส่วนใหญ่เป็นทรายไม่ซึมซับน้ำและพังทลายง่าย จึงแห้งแล้งมากในฤดูแล้งทำให้หญ้าต่าง ๆ ติดไฟได้ง่าย บางปีมีไฟไหม้ลามตามพื้นในฤดูแล้งมีหนองน้ำธรรมชาติอยู่กลางป่า ค่อนไปทางทิศใต้จำนวน 2 แห่งที่มีน้ำขังตลอดปี เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำหลากหลายชนิดเป็นพื้นที่ราบสลับกับเนินสูงเล็กน้อยไม่มีแม่น้ำลำธารไหลผ่านป่าชุมชนดงใหญ่ เป็นป่าที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าหลาย ชนิด เช่น กระต่ายป่า กระรอก กระแต พังพอน ตัวนิ่ม นกต่าง ๆ งูเหลือม งูทำทาน งูสิง งูจงอาง เต่านา กิ้งก่าหัวน้ำเงิน กิ้งก่าหัวแดง แย้ แลน สุนัขจิ้งจอก เป็นต้น

เนื่องจากป่าดงใหญ่เป็นป่าผลัดใบในฤดูแล้ง จึงมีใบไม้ร่วงหล่นทับถม เน่าเปื่อยเป็นจำนวนมาก จึงเป็นปุ๋ยธรรมชาติที่ทำให้พรรณพืชต่าง ๆ เจริญดี ป่าดงใหญ่จึงเป็น “ป่าพื้นบ้านอาหารชุมชน” ของประชาชนท้องถิ่นมานาน ดังรายการอาหารและผลิตผลที่ได้จากป่าดงใหญ่ที่ชาวบ้านได้เก็บใช้สอยเป็นอาหารตลอดปีดังตารางที่ 2.1 ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 ปฏิทินอาหารและผลิตผลที่ได้จากป่าชุมชนดงใหญ่

เดือน	อาหารและผลผลิตที่ได้จากป่าดงใหญ่
มกราคม	ฟืน หญ้าคา ผัก แมลงต่าง ๆ
กุมภาพันธ์	ไข่มดแดง ผักติ้ว ผักสาบ ดอกกระเจียว ผักอีลอก ผักเสม็ด ฯลฯ
พฤษภาคม – สิงหาคม	เห็ดต่าง ๆ เช่น เห็ดไค เห็ดปลวก เห็ดแดง เห็ดระโงก เห็ดก่อ เห็ดผึ้ง เห็ดโคน ผักชนิดต่าง ๆ ไข่มดแดง
กันยายน – ตุลาคม	เผือก มัน มันเทียม มันฮืบ มันกลอย มันนางนอน มะกอกเลื่อม มะกอกป่า มะเดื่อ กระบก และจำนวนตระกูลหว้าต่าง ๆ
พฤศจิกายน	เห็ดบด เห็ดกระด้าง เห็ดขอนขาว เห็ดเพ็ก เห็ดหูหนู เห็ดมันปู
ธันวาคม	เห็ดต่าง ๆ ฟืน และเป็นป่าเลี้ยงสัตว์ของชาวบ้าน

ในปี พ.ศ. 2540 ชาวบ้านดงใหญ่ บ้านแดน และบ้านโคกสีทองหลางได้ร่วมกันอนุรักษ์ ดูแลรักษาป่าอย่างเข้มงวด โดยมีคณะกรรมการป่าชุมชนดงใหญ่ ที่ประกอบด้วยกรรมการจากหมู่บ้านต่าง ๆ หมู่ละ 15 คน โดยมี นายประจัญ อาระหัง เป็นประธานคณะกรรมการคนแรก และในวันที่ เมษายน 2542 คณะกรรมการป่าชุมชนดงใหญ่ มีมติให้จัดทำข้อห้าม และข้อปฏิบัติในการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนดงใหญ่ ดังนี้

1. ห้ามตัดไม้และแปรรูปไม้ทุกชนิดในเขตป่าชุมชนดงใหญ่ก่อนได้รับอนุญาตหากผู้ใดฝ่าฝืนปรับ 1,000 – 20,000 บาท
2. ห้ามจุดไฟเผาป่าในเขตหวงห้ามตามข้อ 1 ผู้ใดฝ่าฝืนมีโทษปรับ 2,000 – 50,000 บาท
3. ห้ามนำเลื่อยทุกชนิดเข้าไปในเขตหวงห้ามตามข้อ 1 ก่อนได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการอนุรักษ์ป่าชุมชน
4. ห้ามนำรถยนต์ทุกชนิดเข้าไปในเขตหวงห้ามตามข้อ 1 ฝ่าฝืนมีโทษปรับ 100 – 1,000 บาท
5. ห้ามผู้ใดนำพืชหวงห้ามออกจากเขตป่าชุมชน เช่น กระเจียว อีลอก เผือก มัน กลอย เปราะ เข็มป่า และพืชสมุนไพรทุกชนิด ออกจากป่าก่อนได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการอนุรักษ์ป่าชุมชนผู้ใดฝ่าฝืนปรับ 500 – 5,000 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

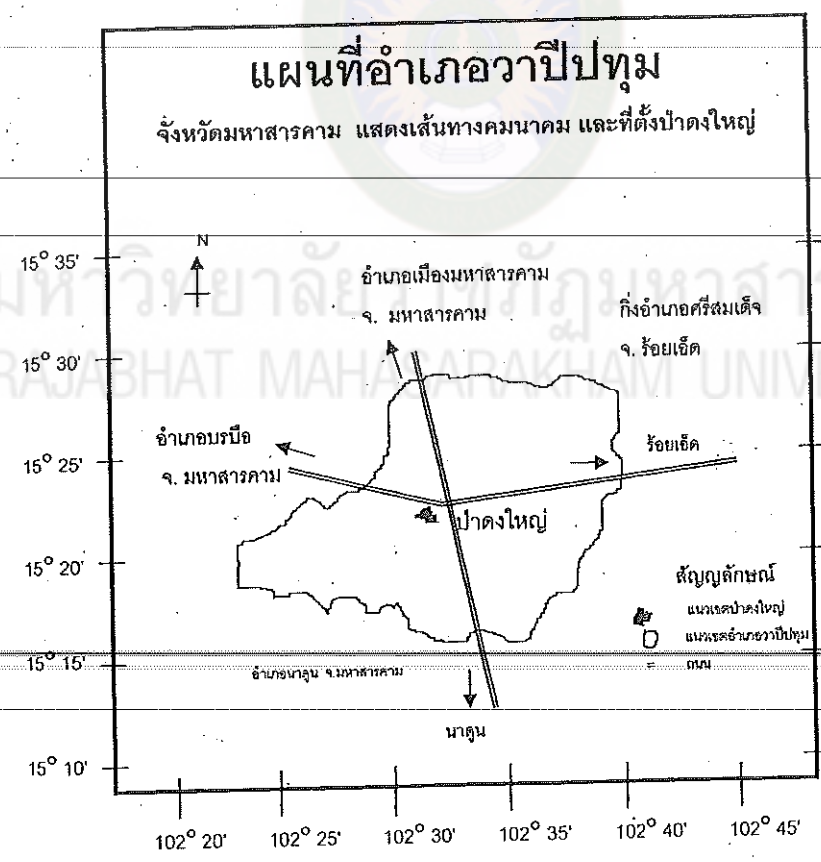
6. ห้ามมิให้ผู้ใดล่าสัตว์ป่าที่ควรสงวน เช่น กระรอก กระแต กระต่าย กระเล็น กระจ้อน พังพอน อีเห็น ตุ่น สุนัขจิ้งจอก แลน นิ่ม บ่าง ค้างคาว ไก่ป่า และนกทุกชนิด สัตว์ป่าต่าง ๆ นอกจากนี้ล่าเพื่อเป็นอาหารได้ ห้ามล่าเพื่อเป็นสินค้า ถ้าผู้ใดฝ่าฝืนมีโทษปรับ 500 – 5,000 บาท

7. ห้ามผู้ใดครอบครอง จับจอง บุกรุกที่ดินในเขตป่าชุมชนและป่าสาธารณประโยชน์ อ.บ.ต. ดงใหญ่

8. การนำไม้ไปทำฟืนจะเป็นไม้ที่แห้งแล้วเท่านั้น

9. ให้รางวัลสำหรับผู้ชี้เบาะแสผู้กระทำผิดเป็นเงินหนึ่งในสามของเงินค่าปรับนั้น ๆ

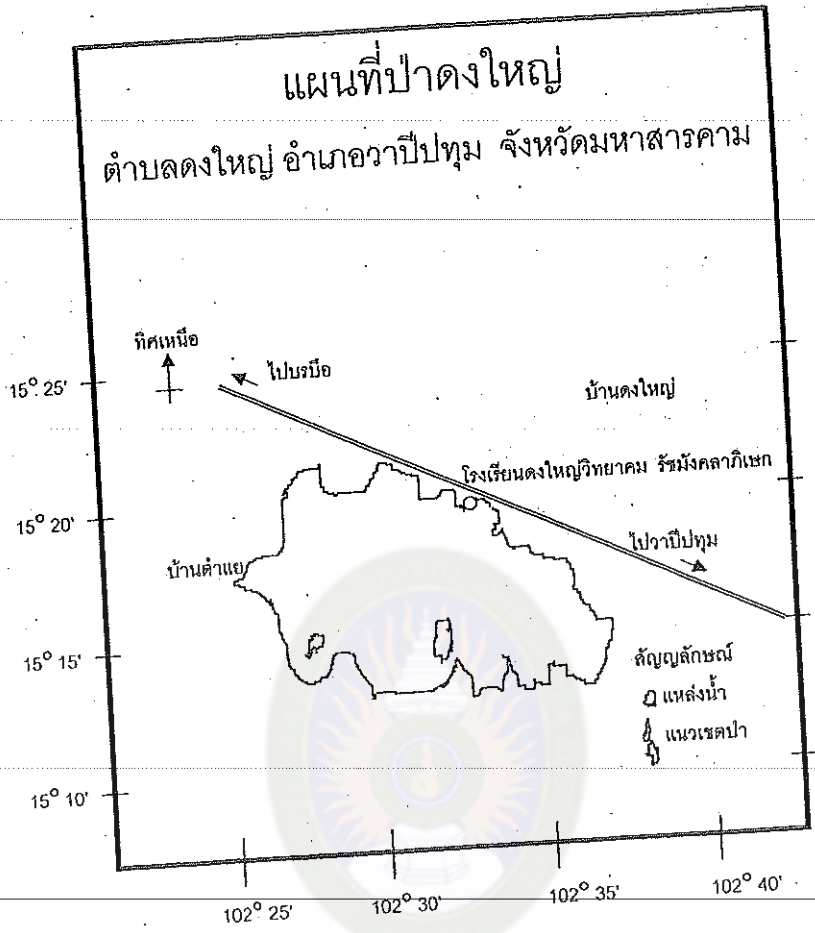
ต่อมาปี พ.ศ. 2543 คณะกรรมการป่าชุมชนดงใหญ่ ได้ร่วมกันจัดทำป้ายและหลักเขตหมายแนวเขตป่าเพื่อประกาศให้ประชาชนทราบ และห้ามฝ่าฝืนข้อห้าม และข้อปฏิบัติดังกล่าว



ภาพที่ 2.1 แผนที่อำเภอวาปีปทุม

ที่มา : (สำนักงานป่าไม้ จังหวัดมหาสารคาม. 2544)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.2 แผนที่ป่าดงใหญ่
ที่มา : (สำนักงานป่าไม้ จังหวัดมหาสารคาม. 2544)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ดิน (Soil)

2.1 ความหมายของดิน

ความหมายของดิน สามารถแบ่งได้ 2 ความหมาย

2.1.1 ดิน คือ เทหวัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural body) ที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บาง ๆ เกิดจากการแปรสภาพหรือการผุพังของหิน แร่ และอินทรีวัตถุ ผสมคลุกเคล้ากัน ซึ่งเป็นการแปลความหมายมาจากหลักวิชาว่าด้วยการกำเนิดดิน และการจำแนกดิน

2.1.2 ดิน คือ เทหวัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติรวมกันเป็นชั้น ๆ จากส่วนผสมของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สลายตัวกับอินทรีวัตถุ ที่เน่าเปื่อยผุพังอยู่รวมกันเป็นชั้น ๆ ห่อหุ้มผิวโลกและมีอากาศน้ำ ในปริมาณที่พอเหมาะสมกันในการยังชีพและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นการแปลความหมายตามหลักวิชาที่ว่าด้วย การใช้ดินให้เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูก

2.2 ความสำคัญของดิน

สิ่งมีชีวิตทั้งหลายไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์ และพืช ต้องอาศัยดินในการดำรงชีพ และเจริญเติบโตถ้าปราศจากดินก็แทบจะกล่าวได้ว่า ไม่มีสิ่งมีชีวิตเหลืออยู่บนโลกนี้ ดังนั้นความสำคัญของดินที่มีต่อสิ่งมีชีวิต อาจแบ่งได้ดังนี้

2.2.1 ความสำคัญของดินที่มีต่อมนุษย์ ดินถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นในการที่ได้มาของปัจจัยสี่ในการดำเนินชีวิตของมนุษย์การดำรงชีพ และการเจริญเติบโตไม่ว่าจะเป็นอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรคปัจจัยเหล่านี้มนุษย์ได้มาจากดินทั้งสิ้น

2.2.2 ความสำคัญของดินต่อพืช พืชต้องอาศัยดินในการเจริญเติบโต นับตั้งแต่เริ่มงอกออกมาจากเมล็ดจนกระทั่งโตได้ดอกออกผล ความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช มีดังนี้

1) ดินทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะติดของรากพืชเพื่อให้ลำต้นแน่นไม่ล้มเอียง

2) ดินให้อากาศแก่รากพืชเพื่อการหายใจ

3) ดินให้ธาตุอาหารแก่พืช เพื่อการเจริญเติบโตและทนทานต่อโรคแมลงและภัยธรรมชาติอื่น ๆ

4) เป็นแหล่งเก็บกักน้ำสำหรับพืช

5) เป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ในดิน

2.3 องค์ประกอบของดิน

ดินประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ อนินทรียวัตถุ น้ำ และอากาศ สัดส่วนขององค์ประกอบทั้ง 4 ของดินแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ ภูมิอากาศ การกระทำของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

2.3.1 อนินทรียวัตถุ (Inorganic matter) อนินทรียวัตถุมีอยู่ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร เป็นส่วนประกอบของดินที่ได้มาจากการสลายตัวผุพังของหิน และแร่ หรือส่วนของดินที่เป็นแร่ธาตุ เป็นส่วนที่มีเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรมากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นส่วนที่ควบคุมเนื้อดิน และเป็นส่วนที่มีการเกิดกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ ในดินองค์ประกอบทางเคมีของดินส่วนใหญ่ มักมาจากสัดส่วนของแร่ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินซึ่งพบว่าประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของดินประกอบด้วย ออกซิเจน (O) ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) อีกประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ จะประกอบด้วยแคลเซียม (Ca) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แมงกานีส (Mn) และฟอสฟอรัส (P) ส่วนธาตุอื่น ๆ พบปริมาณเพียงเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3.2 อินทรียวัตถุ (Organic matter) อินทรียวัตถุในดินมักไม่พบเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรแม้ว่าปริมาณสารอินทรีย์ในดินจะมีน้อย แต่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในดิน ทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น คือ ดินร่วนซุย อินทรียวัตถุยังมีสมบัติอุ้มน้ำได้ดีขึ้น และมีสมบัติในการตรึงธาตุอาหารไว้ได้มาก อินทรียวัตถุแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ องค์ประกอบที่มีอินทรีย์ที่มีชีวิต และองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต ทั้ง 2 กลุ่มมีความสำคัญต่อกระบวนการต่าง ๆ ในดินแตกต่างกัน ดังนี้

1) องค์ประกอบที่มีอินทรีย์ที่มีชีวิต หมายถึง จุลชีพทั้งหมดที่มีอยู่ในดิน รากของพืช และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ องค์ประกอบอินทรีย์ที่มีชีวิตนี้อาจจะถูกปรากฏในรูปโปรตีนพอลิแซ็กคาไรด์ หรือไขมันธรรมชาติก็ได้ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเป็นแหล่งผลิตองค์ประกอบอินทรีย์ที่มีชีวิต โดยการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมที่อยู่ข้างให้มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต

2) องค์ประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต เกิดจากการผุพังของซากพืช ซากสัตว์รวมเรียกว่า ฮิวมัส การเปลี่ยนรูปของสารประกอบอินทรีย์ในดินเป็นฮิวมัสนี้ มีความสำคัญต่อปริมาณธาตุอาหารของพืช

2.3.3 น้ำในดินมีประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จะพบอยู่ในช่วงระหว่างก้อนดิน ช่วยละลายธาตุอาหารและแก๊สต่าง ๆ ในดิน และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของพืชนอกจากนี้ยังเป็นส่วนที่เป็นคอลลอยด์แพร่กระจาย น้ำในดินมีความสำคัญมากในด้านเคมีสิ่งแวดล้อมเพราะปฏิกิริยาเกือบทั้งหมดเกิดขึ้นในดินส่วนนี้

2.3.4 อากาศในดิน มีประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พบอยู่ในช่องว่างระหว่างก้อนดินหรืออนุภาคของดิน ซึ่งไม่มีน้ำ อากาศในดินประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไนโตรเจน และไอน้ำ (ศรินทร์ ทองธรรมชาติ. 2547)

2.4 สมบัติทางกายภาพของดิน

2.4.1 สีของดิน (Soil colours) สีเป็นคุณสมบัติที่มองเห็นได้ชัดเจนกว่าสมบัติอื่น ๆ และใช้ประโยชน์ในการจำแนกดินออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้อย่างหนึ่งในบางกรณี สีของดินอาจบอกสภาวะทางเคมีของดินบางประการได้ เช่น ออกซิเดชัน (Oxidation) ไฮเดรชัน (Hydration) การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ โดยปกติแล้วดินจะมีสีดำหรือสีคล้ำ ซึ่งจะแสดงว่าดินนั้นมีอินทรียวัตถุปะปนอยู่มาก ซึ่งจะเป็นดินชั้นบน ธาตุเหล็กก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสีต่าง ๆ ขึ้นในดิน เช่น เมื่อดินมีความชื้นค่อนข้างต่ำและมีการถ่ายเทอากาศดีธาตุเหล็กที่มีอยู่ในดินจะให้สีแดง ถ้าความชื้นเพิ่มขึ้นมาก การถ่ายเทอากาศดีก็จะเป็นสีเหลือง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4.2 เนื้อดิน (Soil texture) เนื้อดินเป็นสมบัติที่บอกถึงขนาดอนุภาคของชิ้นส่วนที่ประกอบกันขึ้นเป็นดิน หรือเนื้อดินเป็นคุณสมบัติที่บอกถึงความหยาบ หรือความละเอียดของดิน ของชิ้นส่วนอนุภาคดินตะกอนหรือทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay)

2.4.3 ชั้นของดิน (Soil profile) ดินที่อยู่บนพื้นโลกทั่ว ๆ ไป หากพิจารณาให้ลึกลงไปในแนวดิ่ง ด้วยลักษณะสีของดิน องค์ประกอบของเนื้อดิน โครงสร้างของดิน จะเห็นว่าดินมีลักษณะจัดเรียงเป็นชั้นถึง 3 ชั้น ดังนี้

1) ดินชั้นเอ (a-horizon) เป็นดินที่อยู่ชั้นบนสุด มีซากอินทรียวัตถุสะสมอยู่มากที่สุด ซึ่งจะอยู่ในส่วนที่เป็นผิวหน้าดิน ดินที่เหมาะสมกับการปลูกพืชควรมีดินชั้นนี้ที่หนามาก ดินชั้นนี้จะเป็นบริเวณที่มีการชะล้าง จึงทำให้เป็นบริเวณที่ดินมีสีจางลง

2) ดินชั้นบี (b-horizon) เป็นดินชั้นล่างอยู่ถัดจากดินชั้นเอลงมา เป็นบริเวณที่มีการสะสมของอนุภาคดินเหนียว เหล็ก อะลูมิเนียม และฮิวมัส จึงทำให้ดินมีสีเข้ม เช่น สีแดง สีน้ำตาล เนื่องจากได้รับแร่ธาตุที่ซึมผ่านดินชั้นเอลงมา ลักษณะดินในชั้นนี้จะบอกสภาพการระบายน้ำ ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกควรมีดินในชั้นบีหนาแน่นพอสมควร

3) ดินชั้นซี (c-horizon) เป็นชั้นที่ให้วัตถุกำเนิดดินเป็นส่วนของหินที่กำลังสลายตัวหรืออาจเกิดจากการสลายตัวของหินดินดานที่อยู่ด้านล่างหรือเป็นวัตถุที่เคลื่อนย้ายจากที่อื่นโดยตัวการต่าง ๆ

2.5 สมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดินจะมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคลไกต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นของสารอาหาร แร่ธาตุต่าง ๆ รวมถึงสารพิษอื่น ๆ ที่จะเข้าสู่สิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะพืช ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชด้วยเช่นกัน ดังนั้นลักษณะของดินต้องมีความเหมาะสมทางเคมีกับความต้องการของพืช เป็นสำคัญ สมบัติทางเคมีของดินเป็นขบวนการที่แสดงออกมาของดินและมีส่วนช่วยในการควบคุมปริมาณธาตุต่าง ๆ รวมถึงการเคลื่อนย้ายธาตุต่าง ๆ ในดินสู่พืช สมบัติทางเคมีของดินที่สำคัญ มีดังนี้

2.5.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปกติมักจะใช้บอกความเป็นกรดเป็นด่างของดินด้วยค่าที่เรียกว่า พีเอช ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางเคมีของดินที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไปดินจะมีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 3.0-9.0 ค่าพีเอช 7.0 จะบอกถึงสภาพความเป็นกลางของดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ในดินที่พืชดูดเข้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ไปใช้จะยากง่ายเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพหรือระดับของพีเอช โดยปกติความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชจะมากที่สุดเมื่อดินเป็นกลาง

2.5.2 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity หรือ CEC) หมายถึงความจุของสารคอลลอยด์ในดิน ที่สามารถดูดยึดธาตุที่ประจุบวกไว้ได้มากที่สุด ความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเป็นสมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องอยู่กับชนิดและปริมาตรของสารคอลลอยด์ในดิน และยังเกี่ยวข้องอยู่กับระดับความสมบูรณ์ของดิน กล่าวคือ ถ้าดินมีค่าความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ก็หมายความว่าดินนั้นมีแนวโน้มที่จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดดินด้วยว่าจะมีธาตุอาหารพืชที่มีประจุเป็นบวกดูดยึดไว้มากน้อยเพียงใด (เกษสุดา เดชภิมล และดวงสมร ตุลาพิทักษ์. 2540)

3. ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชสีเขียว หมายถึง อนินทรียสารที่ประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ สารเหล่านี้ได้จากอากาศ น้ำ และดิน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเทรต และฟอสเฟต เป็นต้น ทำการแบ่งกลุ่มธาตุอาหารของพืชชั้นสูง 16 ธาตุ ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

ธาตุอาหารมหัพภาค (Macronutricnt) พืชต้องการปริมาณมากมี 9 ธาตุ ได้แก่ ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน จัดเป็นธาตุอาหารรองส่วน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม จัดเป็นธาตุอาหารหลักซึ่งในดินมีไม่เพียงพอ

ธาตุอาหารจุลธาตุ (Micronutrient) พืชต้องการน้อยมี 7 ธาตุ คือ โมลิปดินัม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส โบรอน เหล็ก และคลอรีน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.1 ธาตุอาหารหลัก

3.1.1 **ไนโตรเจน (Nitrogen ; N)** ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมากมีบทบาทในการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุที่ช่วยให้พืชสร้างโปรตีนได้เพียงพอ พืชทุกชนิดต้องมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เพราะโปรตีนเป็นส่วนสำคัญที่สุดของโพรโทพลาสซึม (protoplasm) นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนไซม์ต่าง ๆ นิวคลีโอโปรตีนและวิตามิน (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2541)

ไนโตรเจนที่พบในดินมี 3 รูป ได้แก่ รูปธาตุไนโตรเจน (elment nitrogen) รูปสารประกอบอนินทรีย์ (Inorgnic nitrogen) และรูปสารประกอบอินทรีย์ (Organic nitrogen) (บุปผา โตภาคงาม) มากกว่า 90 % ของไนโตรเจนในดินอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ที่เหลือ

เพียงเล็กน้อย อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ ดินชนิดต่าง ๆ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกัน

ไนโตรเจนรูปสารประกอบอนินทรีย์ในดิน มี 6 รูป คือ ไนเทรต (NO_3^-) ไนไทรต์ (NO_2^-) แอมโมเนียม (NH_4^+) ที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable ammonium) แอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (Non-exchangeableammonium) แอมโมเนียมที่ถูกตรึง (Mineral-fixedammonium) แก๊สไนโตรเจนและไนตรัสออกไซด์ (NO_2) (ปัทมา วิตยากร. 2533)

ไนโตรเจนในดินในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับ ไนโตรเจนทั้งหมด ศาสตร์ทางด้านพืชไร่ (Agronomy) ได้จัดให้ NO_3^- และ NO_2^- รูปที่ละลายได้ และ NH_4^+ รูปที่แลกเปลี่ยนได้เป็นรูปที่สำคัญที่สุดในกลุ่มนี้ (บุปผา โตภาคงาม. 2526)

แอมโมเนียมที่ถูกตรึง หมายถึง แอมโมเนียมที่ไม่สามารถถูกแทนที่ด้วยสารละลายที่เป็นกลางของเกลือโพแทสซียม (1 N K_2SO_4 หรือ 2 N KCl) แอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้หมายถึง NH_4^+ ที่สกัดได้ที่อุณหภูมิห้องโดยสารละลายดังกล่าว และแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ หมายถึง NH_4^+ ที่ถูก ปลดปล่อยออกมาโดยสารละลาย 5 N HF - 1 N HCl ภายหลังที่กระทำกับดินด้วย KOBr-KOH เพื่อไล่เอาแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนออกไป แอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ในดินในรูป NH_4^+ อยู่ใน หลืบระหว่างชั้นของแร่ดินเหนียวชนิด 2 : 1 แอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้อาจมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนทั้งหมดในดินบน และมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจน ทั้งหมดในดินล่าง (พงศ์ศิริ พชรปรีชา. 2537)

กระบวนการตรึงไนโตรเจน ประกอบไปด้วยกระบวนการย่อย ๆ คือ

1. อะมิไนเซชัน (Aminization) เป็นกระบวนการย่อยสลายโปรตีนโดยจุลินทรีย์พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (Heterotrope) จนกระทั่งได้กรดอะมิโน

$$\text{Proteins} \xrightarrow[\text{Digestion}]{\text{Enzymatic}} R\text{-}NH_2 + CO_2 + \text{energy} + \text{other products}$$

2. แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบอะมีนหรือกรดอะมิโน ให้เป็นแอมโมเนีย (NH_3), แอลกอฮอล์ และพลังงานดังสมการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$R\text{-}NH_2 + H_2O \xrightarrow[\text{Hydrolysis}]{\text{Enzymatic}} R\text{-}OH + NH_3 + \text{energy}$$

$$2NH_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons (NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2\,NH_4^+ + CO^{2-}{}_3$$

แอมโมเนียม (NH_4^+) ที่ได้รับจะมีทางเปลี่ยนแปลงได้ 4 ทาง คือ

2.1 จุลินทรีย์ในดินนำไปใช้

2.2 พืชชั้นสูงนำไปใช้

2.3 ถูกตรึงอยู่ในแร่ดินเหนียว

2.4 ถูกออกซิไดส์เป็นไนไทรต์ (NO_2^-) และไนเทรต (NO_3^-) โดยกระบวนการไนทริฟิเคชัน

3. ไนทริฟิเคชั่น (Nitrification) เกิดโดยแบคทีเรีย *Nitrosomonas Spp.* และ *Nitrosococcus Spp.* ดังสมการ

$$2\,NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow[\text{Oxidation}]{\text{Enzymatic}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + \text{energy}$$

ต่อมาไนไทรต์ที่เกิดขึ้น จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นไนเทรต โดยแบคทีเรีย Nitrobacter ดังสมการ

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow[\text{Oxidation}]{\text{Enzymatic}} 2NO_3^- + \text{energy}$$

ไนเทรตที่ได้ จะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไป 4 ทาง คือ

3.1 จุลินทรีย์ในดินนำไปใช้

3.2 พืชชั้นสูงนำไปใช้

3.3 สูญหายไปจากดินโดยการชะละลาย (leaching)

3.4 สูญหายไปในรูปของแก๊ส

(ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2541)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในทุ่งนาในสภาพน้ำขัง พบว่า อินทรียวัตถุจะเป็นแหล่งใหญ่ของแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งข้าวสามารถใช้ได้ (พัชรี แสงจันทร์. 2541) แอมโมเนียม มีเสถียรภาพในดินน้ำขัง และจะสะสมในดินน้ำขังในรูป แอมโมเนียมไอออนที่เกาะยึดบนผิวอนุภาคดิน และอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ หรือรูปแอมโมเนียมในสารละลายดิน การสะสมแอมโมเนียมจะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แอมโมเนียมอาจถูกออกซิไดซ์ให้เป็นไนเทรต เคลื่อนย้ายลงสู่ชั้นล่าง โดยการแพร่ซึม หรือเคลื่อนที่ไปกับน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชันและเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซ (เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2528)

ถ้าพืชขาดธาตุไนโตรเจนโดยทั่วไปมักจะมีใบเล็กลำต้นผอมบาง ใบเหลืองซีด เนื่องจากการสังเคราะห์คลอโรฟิลด์โดนจำกัด

ในดินนาแหล่งใหญ่ของแอมโมเนียม (NH_4^+) ก็คือ N ที่อยู่ในอินทรียวัตถุ ซึ่งพบมากในดินนาภายใต้สภาวะที่ขาด O_2 เพราะอัตราการแปรสภาพอินทรียไนโตรเจน ให้เป็นอนินทรียไนโตรเจน (Immobilization) ในสภาวะที่เป็นด่างโดยเฉพาะถ้าดินในสภาพน้ำขังมีอินทรียวัตถุสูงจะทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) (พัชรี แสงจันทร์. 2541)

3.1.2 **ฟอสฟอรัส (Phosphorous ; P)** ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมากเป็นองค์ประกอบ ของกรดนิวคลีอิกและ ATP ด้วยเหตุนี้ฟอสฟอรัสจึงเกี่ยวข้องกับการเสริมสร้างการเติบโตความแข็งแรงของพืชทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและรากตลอดจนการออกดอกออกผล (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2541)

แหล่งสำคัญของฟอสฟอรัส ได้แก่ฟอสฟอรัสอินทรีย์ ที่มีอยู่ในซากพืช ซากสัตว์ และจุลินทรีย์ดินรวมทั้งสารประกอบที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นฟอสฟอรัสอนินทรีย์มักอยู่รวมกับแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก อะลูมิเนียม และแร่ดินเหนียว (เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2528)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Total P) ค่อนข้างน้อยพบว่าดินบนโดยทั่วไปมีฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.022-0.083 เปอร์เซ็นต์ (บุปผา โตภาคงาม. 2526) ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ที่พืชดูดซึม โดยทั่วไปเข้าใจว่าอยู่ในรูปของไอออนฟอสเฟต ซึ่งคือ โมโนเบสิคออร์โทฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) และไดเบสิคออร์โทฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) ส่วนไตรเบสิคออร์โทฟอสเฟต (PO_4^{3-}) พืชอาจดูดกินได้แต่ไม่มีโอกาส เพราะมีอยู่น้อยมาก (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2541) ส่วนรูปที่พืชดูดใช้ได้มากที่สุดคือ $H_2PO_4^-$ สัดส่วนของ

ปริมาณอนุมูลทั้งสามขึ้นกับพีเอช ของดิน ที่พีเอชประมาณ 2.5-6.0 จะมีรูป $H_2PO_4^-$, มากที่สุด และที่พีเอชสูงจะมีรูป HPO_4^{2-} มากกว่า ส่วน PO_4^{3-} จะเกิดที่พีเอช สูงมากจนถือว่าไม่สำคัญ (บุปผา โตภาคงาม. 2526)

สารประกอบฟอสฟอรัสในดิน จะเป็นประโยชน์ต่อพืชหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ซึ่ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) พวกสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ช้ามาก (Very Slowly available phosphate)

2) พวกสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ช้า (Slowly available phosphate)

3) พวกสารที่พร้อมจะเป็นประโยชน์ต่อพืช (Readily available phosphate)

ส่วนพวกอินทรีย์ฟอสเฟตละลายในน้ำแยกตัวให้ไอออนฟอสเฟตน้อยมาก แทบจะเรียกว่าไม่มีการแยกตัวเลย

ในดินนาภายใต้สภาวะที่น้ำขัง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเหล็กที่เพิ่มขึ้น และทั้งสองธาตุที่เพิ่มขึ้นนี้ จะมีความสันพันธ์โดยตรงกับพีเอช ที่เพิ่มขึ้นทั้งนี้เพราะเกิดรีดักชันของ $Fe_3(PO_4)_2.8H_2O$ ให้กลายเป็น $Fe_2PO_4.2H_2O$ ที่ละลายน้ำได้ดีขึ้น และการที่ดินมีพีเอชสูงขึ้น ทำให้สารประกอบฟอสเฟตของอะลูมิเนียม และเหล็ก ทำปฏิกิริยากับน้ำอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายขึ้นเป็นต้น

โดยปกติแล้วอาการขาดธาตุฟอสฟอรัส จะมองเห็นได้ไม่แน่นอน จึงเป็นการยากที่จะบอกได้ด้วยสายตา อาจจะต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางเคมีแต่อย่างไรก็ตามถ้าขาดฟอสฟอรัสอย่างรุนแรงก็อาจทำให้พืชมีลำต้นบางใบเล็กและการแตกแขนงของลำต้นจะถูกจำกัดคล้ายการขาดไนโตรเจน (บุปผา โตภาคงาม. 2526)

3.1.3 **โพแทสเซียม (Potassium ; K)** โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญถึงแม้ว่าโพแทสเซียมจะไม่ได้เป็นสารประกอบใด ๆ เลยในพืช แต่ทำหน้าที่เป็นประจุบวกที่ไปกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยหลายชนิดโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้งและน้ำตาล พืชต้องการโพแทสเซียมในกระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ และการเคลื่อนที่ของแป้งและน้ำตาล ภายในพืชธาตุโพแทสเซียม กล่าวได้ว่าเป็นธาตุแห่งคุณภาพ เพราะทำให้คุณภาพส่วนต่าง ๆ ของพืชดีขึ้น เช่น ทำให้ผลไม้มีรสหวานเป็นต้น (ปิทมา วิตยากร. 2533)

ธาตุโพแทสเซียม ส่วนมากได้จากแร่ธาตุที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบและที่สำคัญคือได้จากโพแทสเฟลด์สปาร์ ($KAlSi_3O_8$) มัสโคไวต์ ($H_2KAl_3(SiO_4)_3$) และ

ไบโอไทต์ $(H_2K_2)(Mg,Fe)_2(AlSiO_4)_3$ ซึ่งเป็นแร่ปฐมภูมิ ได้จากหิน เช่น หินแกรนิต และได้จากแร่ดินเหนียวเกือบทุกชนิด เช่น เคโอลิไนต์ มอนต์มอริลโลไนต์ และอิลไลต์ (บุปผา โตภาคงาม. 2526)

เมื่อเฟลด์สปาร์ถูกไฮโดรไลซ์ จะปลดปล่อยไอออนของโพแทสเซียมออกมา (ปัทมา วิตยากร. 2533)

$KalSi_3O_8$ → $K^+, OH^- + 3Si(OH)_4 + Al(OH)_3$ ในสารละลายกิบบ์ไซต์

$KalSi_3O_8$ → $2K^+ + 2OH^- + 4Si(OH)_4 + Si_2O_5Al_2(OH)_4$ ในสารละลายเคโอลิไนต์

โพแทสเซียมในดินเกิดอยู่ในหลายรูป ได้แก่ เป็นไอออนอยู่ในสารละลายดิน (Solublesalt) หรืออยู่ในรูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ โดยถูกยึด (Adsorbed) อยู่กับคอลลอยด์ดิน หรือถูกตรึงอย่างเหนียวแน่นโดยคอลลอยด์ดิน จนแลกเปลี่ยนไม่ได้โพแทสเซียมทั้งสามสถานะ จะอยู่ในสมดุลซึ่งกันและกัน (ปัทมา วิตยากร. 2533)

พวกโพแทสเซียมจากแร่ต่าง ๆ เป็นรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที (Relative unavailable form) ในดินพบ 90-98 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้อยพบในรูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้และในสารละลายดิน ซึ่งเป็นรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที (Readily available form) สำหรับโพแทสเซียมที่ถูกตรึงจะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์อย่างช้า ๆ (Slowly available form) (ปัทมา วิตยากร. 2533)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Total K) จะเป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมที่มีต่อพืชหรือเป็นค่าที่บอกให้ทราบปริมาณการสะสมของโพแทสเซียมที่เนื่องจากการใส่ปุ๋ย สำหรับโพแทสเซียมในดินที่ง่ายต่อการที่พืชจะไปใช้ประโยชน์ได้นั้น ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโพแทสเซียมในสารละลายดิน (พงศ์ศิริ พชรปรีชา. 2537)

สำหรับในนาในสภาวะที่มีน้ำขังปริมาณของ Fe^{2+} และ Mn^{2+} ที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และ แทนที่ K^+ ทำให้ K^+ เข้ามาอยู่ในสารละลายดิน และแพร่ซึมไปอยู่ในน้ำที่ขังอยู่ในนาและสูญเสียไปกับน้ำไหลได้ (พัชรี แสงจันทร์. 2541)

ถ้าพืชขาดโพแทสเซียม ขอบใบจะซีด (Chlorosis) แล้วกลายเป็นสีน้ำตาล และแห้งไปในที่สุด อาการเริ่มจากปลายใบสู่โคนใบ ระหว่างเส้นใบอาจมีจุดสีน้ำตาลแห้ง โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืช ดังนั้นลักษณะอาการขาดจะเกิดขึ้นที่ใบแก่ก่อนใบอ่อน อาการขาดโพแทสเซียมมักเห็นชัดกับข้าวโพด และพืชกระกูลหญ้า พวกธัญพืชมักจะให้เมล็ดลีบ และน้ำหนักเบาผิดปกติพืชที่ให้หัวที่รากจะมีแป้งน้อย แต่น้ำมากเป็นต้น (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2541)

3.2 ธาตุอาหารรอง

3.2.1 **โซเดียม (Sodium ; Na)** ในแง่ของผลต่อธาตุอาหารและความเป็นธาตุอาหารจากผลงานการทดลองของ Bower และ Turk (1946) ได้แสดงให้เห็นว่าการที่ดินมีปริมาณโซเดียมมากเกินไป อาจทำให้เกิดการขาดแคทไอออนตัวอื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมและแมกนีเซียม โซเดียมไม่ใช่ธาตุจำเป็น (Essential element) สำหรับการเจริญเติบโตของพืช ถึงแม้ว่าจากการโซเดียมมีความคล้ายคลึงกับโพแทสเซียม แต่โซเดียมจะสามารถใช้แทนโพแทสเซียมได้ในบางส่วนเท่านั้น และก็จะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของพืช (บุปผา โตภาคงาม. 2526)

รูปของโซเดียม โซเดียมส่วนใหญ่อยู่ในรูปแร่ซิลิเกตที่ไม่ละลาย อย่างไรก็ตามในดินเกลือหรือดินที่มีโซเดียมสูง (Saline or sodium soils) นั้น ส่วนใหญ่โซเดียมจะอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (Echangeable sodium) และโซเดียมที่ละลายได้ (Soluble sodium) สำหรับโซเดียมที่ละลายได้จะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความเค็มของดิน โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมทั้งหมดก็ยังคงน้อยอยู่ (พงศ์ศิริ พชรปรีชา. 2537)

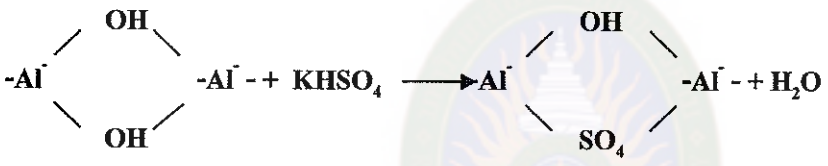
ดินที่จัดว่าเป็นดินเค็มจะมีระดับ โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่า CEC ของดิน การที่ดินมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มาก จะทำให้อนุภาคดินแตกตัวจากกันได้ง่าย มีผลทำให้ดินไม่เกาะยึดติดกันจนไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

3.2.2 **กำมะถัน (Sulfur ; S)** กำมะถันเป็นธาตุอาหารรอง และเป็นส่วนประกอบของโปรตีนหลายชนิด แหล่งดั้งเดิมของกำมะถัน คือ แร่ไพไรท์ (Pyrite , FeS_2) กำมะถันถูกเติมออกซิเจน (Oxidation) ให้เป็นซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซึ่งเป็นรูปที่พืชและจุลินทรีย์นำไปใช้ได้ บางส่วนอยู่ในรูปยิบซัม ($CaSO_4 2H_2O$) และอีพิโซไมท์ ($MgSO_4 7H_2O$) หรือถูก

วิทยานิพนธ์ งานวิจัย สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชะล้างออกไป ปริมาณในดินชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันมาก ในดินเขตร้อนที่มีการชะล้างสูง โดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบกำมะถัน เพียง 20 ppm (0.002%) ในขณะที่ดินด่างหรือดินเค็มในเขตแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้งอาจมีกำมะถันสูงถึง 50,000 ppm (5%) ดินที่ผ่านการสลายตัวมานานมักมีกำมะถันทั้งหมด (Total S) ต่ำและมักพบกำมะถันในดินที่มีน้ำทะเลเข้าถึง (Tidalarea) ในเขตปริมาณที่มาก (มากกว่า)

กำมะถันในรูปซัลเฟตจะถูกดูดยึดโดยแร่ดินเหนียวโดยเฉพาะเคโอลิไนต์ และดินที่มีปริมาณอลูมิเนียมและเหล็กออกไซด์สูงอยู่ กระบวนการดูดยึดซัลเฟตในดินคาดว่าขึ้นอยู่กับหมู่ OH ในไฮดรัสออกไซด์ และแร่ดินเหนียวโดยหมู่ OH จะถูกแทนที่โดยซัลเฟต ดังสมการ



เมื่อ pH เพิ่มขึ้นปฏิกิริยาจะเลื่อนไปทางซ้ายมือมีผลให้เกิดการปลดปล่อยซัลเฟตออกมา ดังนั้นความสามารถในการคงซัลเฟตจึงต่ำในดินกรดที่มีการเติมปูนลงไป

3.2.3 **แคลเซียม และแมกนีเซียม (Calcium ; Ca and magnesium ; Mg)** แคลเซียม เป็นธาตุอาหารรอง แคลเซียมที่อยู่ในดิน มีหลายรูป แต่รูปที่เป็นแคลเซียมในสารละลายดิน และแคลเซียมที่ดูดยึดไว้ที่ผิวคอลลอยด์ดินถือว่าเป็นรูปที่มีประโยชน์ต่อพืช ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ ปริมาณในดินอาจจะแตกต่างกันออกไป เช่น ตั้งแต่น้อยกว่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ ถึงมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พืชใช้แคลเซียมในดินในรูปของ Exchangeable Ca^{2+} และที่อยู่ในรูปของ Ca^{2+} ใน Soil solution ดินที่มีโซเดียมสูงอาจทำให้พืชขาดแคลเซียมได้ หรือดินที่มีเกลือแมกนีเซียมสูงก็อาจทำให้พืชขาดแมกนีเซียมได้เช่นเดียวกัน แคลเซียมแลกเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้

Ca ในแร่และเกลืออิสระ ↔ Ca ที่แลกเปลี่ยนได้ ↔ Ca^{2+} ในสารละลายดิน

ถ้าพืชขาดแคลเซียมปลายยอดจะคดงอ หรือถ้ารุนแรงมากยอดไม่เจริญเติบโต ต้นจะหยุดการเจริญเติบโตทันที แต่ไม่ค่อยพบพืชขาดแคลเซียม เพราะปริมาณที่ต้องการน้อยมาก ในดินทั่ว ๆ ไปแม้ในดินทรายก็มีเกินระดับตามต้องการที่จำเป็น

199692

แมกนีเซียม เป็นธาตุอาหารรอง เป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลด์ และทำหน้าที่กระตุ้นการเกิดสารพลังงานต่าง ๆ ในพืช เกี่ยวพันกับกระบวนการสร้างน้ำตาล ไขมัน ไวตามินต่าง ๆ ตลอดจนการแบ่งเซลล์ของพืช

แมกนีเซียมในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไอออนที่ถูกคอลลอยด์ของดินดูดซับไว้ ซึ่งเรียกแมกนีเซียมที่ถูกดูดซับ (Absorbed Mg^{2+}) หรือแมกนีเซียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) และไอออนที่อยู่ในสารละลายดินทั้ง 2 รูปนี้ มีน้อยมากในดินทั่ว ๆ ไป

ในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด และอยู่ในแถบชุ่มชื้น แมกนีเซียมจะถูกคอลลอยด์ดินดูดซับไว้มากเป็นลำดับสาม รองจาก H^+ และ Ca^{2+} ตามลำดับแต่ในบริเวณแห้งแล้งแมกนีเซียมที่ดูดซับจะมีมากเป็นที่สองรองจากแคลเซียมยกเว้น ในดินโซดิก บางแห่งจะมี Na^+ ถูกดูดซับไว้ มากกว่า Ca^{2+} และ Mg^{2+} แมกนีเซียมในดินที่พบมี 3 รูป คือ

1. รูปที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Non – exchangeable from) ได้แก่ แมกนีเซียมที่เป็นองค์ประกอบของหินแร่ ซึ่งจะปลดปล่อยแมกนีเซียมออกมาเมื่อแร่สลายตัว

2. รูปที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable form) ได้แก่ แมกนีเซียมซึ่งเกาะอยู่บนผิวอนุภาคของแร่ดินเหนียว

3. รูปที่เป็นประโยชน์ (available form) ได้แก่ แมกนีเซียมที่พบอยู่ในสารละลายแมกนีเซียมรูปต่าง ๆ ดังกล่าวจะอยู่ในสมดุลแบบแลกเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ Mg ในแร่และเกลืออิสระ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้ Mg^{2+} ในสารละลายดิน

สำหรับแมกนีเซียมที่พืชเอาไปใช้ประโยชน์ได้คือรูปที่แลกเปลี่ยนได้ และรูปที่อยู่ในสารละลายดิน ถ้าพืชขาดแมกนีเซียม ยอดจะมีสีเหลืองซีดก่อน ต่อไปอาจเหลืองซีดทั้งต้น การเหลืองซีดของใบนี้จะเกิดตามขอบใบ และอาจเป็นจุดหรือแถบของสีเหลืองซีดโดยเฉพาะในธัญพืช

3.2.4 **ทองแดง (Copper ; Cu)** ทองแดงที่พบในดินส่วนมากเป็นคิวปริก (cupric Cu^{2+}) และพบในปริมาณน้อยในรูปคิวปรัส (cuprous Cu^{2+}) ทองแดงมีความสำคัญต่อพืชเพราะเป็นส่วนประกอบของเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอิเล็กตรอน เช่น Oxidrases พืชจะสามารถใช้ประโยชน์จากทองแดงในดินในรูปคิวปริก (cupric Cu^{2+}) ในสภาวะดินที่เป็นกรดทองแดงจะอยู่ในรูป $Cu(OH)^+$ และในสภาวะที่เป็นกลางหรือเบสทองแดงจะอยู่ในรูป $Cu(OH)_2$ และทองแดงยังพบอยู่ในรูปแร่ chalcopyrite ($CuFeS_2$) ซึ่งละลายได้น้อยพบว่าทองแดง เป็นธาตุที่ถูกดูดซับด้วยสารอินทรีย์ได้ดีเป็นไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินทรายจะมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJAPHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทองแดงในปริมาณต่ำ และการละลายของทองแดงจะขึ้นกับค่าพีเอช ที่พีเอช 8.0-8.4 จะละลายได้น้อย ในกรณีที่ดินมีสภาพรีดิวซ์ แร่ที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ จะสลายให้ $CuCl_2^-$ สู่ดิน ซึ่งอาจตกตะกอนเป็น CuO_2 ถ้าดินเป็นเบส (Miller R. 1990)

3.2.5 **สังกะสี (Zinc ; Zn)** สังกะสีเป็นธาตุที่มีในปริมาณน้อยแต่เพียงพอต่อความต้องการของพืชในธรรมชาติพบในรูปประจุ + 2 สารประกอบสังกะสีเป็นสารที่ละลายได้ดีและแร่ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบจะสลายให้ Zn^{2+} ออกมาได้ง่าย ในสภาพที่เป็นด่างและมี Zn^{2+} จะถูกดูดซับได้ในดินเป็นไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณสังกะสีน้อย เมื่อมีฟอสฟอรัสในปริมาณมากจะทำให้สังกะสีใช้ประโยชน์ได้ลดลงเนื่องจากอยู่ในรูปสังกะสีฟอสเฟตทำให้ละลายได้น้อย ในดินที่มีสภาวะกรดสังกะสีจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น การขาดธาตุสังกะสีจะพบเมื่อดินมีพีเอช มากกว่า 16.0 เพราะสังกะสีจะละลายได้น้อยลง (Frederick T., LouisT. 1993)

3.2.6 **เหล็ก (Iron ; Fe)** ในดินเหล็กเป็นธาตุที่พบมาก พบว่าเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก 45 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในรูปหิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยจะอยู่ ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนสร้างพันธะกับ O,S,C ซึ่งสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า เปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและค่า pH การตรึงเหล็กจะอยู่ในรูปออกซิไดซ์ในสภาวะเบสทำให้ตกตะกอน แต่ถ้าอยู่ในสภาวะกรดจะเป็นรูปรีดิวซ์และเป็นสารละลาย

เหล็ก (Fe) เป็นองค์ประกอบสำคัญใน cytochrome ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การตรึงไนโตรเจน การหายใจและเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาของเอนไซม์หลายชนิด พืชอาจดูดซับเหล็กได้ในสองรูป คือ เฟอริกไอออน (Fe^{3+}) และเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) แต่โดยทั่วไปพืชจะดูดเฟอรัสไอออนได้มากกว่า เนื่องจากมีความสามารถในการละลายได้ดีกว่าเฟอริกไอออนในดินจะพบเหล็กอยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์เป็นส่วนใหญ่ อยู่ในรูปเป็นอนุภาคเล็ก ๆ หรืออยู่ที่ผิวของแร่และในดินที่มีสารอินทรีย์ปริมาณมากจะพบเหล็กในปริมาณมากอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนคีเลท สารประกอบของเหล็กที่พบ คือ

1) Hematite,αFe_2O_3 พบในดินที่แห้งแล้ง เขตร้อน
2) Maghemite, γ Fe_2O_3 พบในดินแห้งแล้ง เขตร้อน พบร่วมกับ Hematite และ Magnetite
3) Magnetite Fe_3O_4 เปลี่ยนแปลงมาจาก Maghemite

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4) Ferrihydrite,$Fe_2O_3.nH_2O$ พบมากแต่เป็นรูปที่ไม่เสถียรโดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็น Hematite ในสภาวะที่ร้อน

5) Goethite,αFeOOH เป็นแร่เหล็กรูปที่พบทั่ว ๆ ไปในดิน

6) Lepidocrocite,γ FeOOH พบในดินที่มี pH ต่ำ อุณหภูมิสูง

7) Ilmenite $FeTiO_3$ เป็นรูปที่ไม่พบในดินแต่จะพบเป็นองค์ประกอบของหิน

8) Pyrite (FeS_2), Ferrous sulfide (FeS), jarosite ($KFe_3(SO_4)(HO)_6$) (Kabata P. 1991)

3.2.7 **แมงกานีส (Maganese ; Mn)** แมงกานีส เป็นเกลือแร่ส่วนน้อย แต่มีความสำคัญต่อชีวิตมาก ร่างกายจะขาดไม่ได้จะพบมากที่สุดในโครงกระดูก ตับ ตับอ่อน หัวใจและต่อมพิทูอิทารี่ มีคุณสมบัติเป็นด่าง แมงกานีสส่วนใหญ่จะสูญเสียระหว่างกระบวนการปรุงอาหาร และส่วนเกินจะออกผ่านทางน้ำดีแล้วจะออกทางอุจาระ (Lee R.M. 1992)

แมงกานีสที่พบในส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ +3 และ +4 เมื่ออยู่ในสารละลายจะอยู่ในรูป +2 และเป็นไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แมงกานีสที่เป็นแร่จะมีส่วนประกอบเป็นสารจำพวกออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต และซิลิเกต ที่พบมากคือ แร่ไพโรลูไซด์ แร่แมงกาไนต์ แร่ไซโลมีเลน แร่โรโดโครไซต์ และแร่โรโดไนต์ แมงกานีสสามารถใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า โลหะผสม โลหะเชื่อมในอุตสาหกรรมเคมี ทำน้ำยาเคมีและเคมีภัณฑ์ ถ่านไฟฉาย สี ปุ๋ยและเวชภัณฑ์ และใช้เป็นตัวฟอกในอุตสาหกรรมแก้ว (Orlov D.S. 1992)

4. เห็ด

เห็ด (Mushroom) เป็นพืชชั้นต่ำเป็นพวกรา (Fungi) อยู่ในอาณาจักร Fungi ไฟลัม ยูไมโคไฟตา (Phylum Eumycoptyta) เป็นสิ่งชีวิตที่เซลล์มีนิวเคลียสเรียกว่า ยูแคริโอต (Eukaryote) อาจเป็นสิ่งมีชีวิตที่เซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ ไม่มีคลอโรฟิลล์ สังเคราะห์อาหารเองไม่ได้มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของเชื้อเห็ดรา เช่น รูปกลม ครึ่งวงกลม หรือรูปร่างแปลก ๆ ขนาดก็มีหลากหลายตั้งแต่เล็กเท่าหัวไม้ขีด ไปจนถึงใหญ่ขนาดลูกฟุตบอล ส่วนสีสันของดอกเห็ดนั้นก็มีหลากหลาย เช่น แดง เหลือง ส้ม ชมพู ฟ้า ขาว ดำ น้ำตาล เขียวก็จัดอยู่ใน

4.1 ลักษณะโครงสร้างของเห็ด

โครงสร้างของเห็ดประกอบด้วย 6 ส่วนหลัก ดังนี้

4.1.1 หมวกดอก (Cap) เป็นส่วนที่อยู่ปลายดอกที่เจริญขึ้นในอากาศ หมวกดอกของเห็ดมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เห็ดฟาง เห็ดแชมปิญอง หมวกดอกมีลักษณะคล้ายร่ม เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ หมวกดอกมีลักษณะแบนราบ และส่วนกลางมีลักษณะเว้าเป็นแอ่ง หรือบางชนิดหมวกดอกมีลักษณะกลมห่อหุ้มส่วนอื่น ๆ ไว้ เช่น เห็ดเผาะ เป็นต้น

4.1.2 ครีบดอก (Gills) เป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างของดอกหมวก มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ เรียงติดกันเป็นรัศมีจากดอกก้าน ครีบดอกนี้เป็นที่เกิดสปอร์ของดอกเห็ด

4.1.3 ก้านดอก (Stalk) ก้านดอกของเห็ดเป็นที่ชูหมวกดอกขึ้นไป ซึ่งเห็ดแต่ละชนิดจะมีลักษณะรูปร่าง และขนาดแตกต่างกันไป เช่น เห็ดโคน เห็ดฟาง ก้านดอกจะมีขนาดยาว เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดหลินจือ ก้านดอกจะสั้น

4.1.4 สปอร์ (Spore) สปอร์ของเห็ดจะถูกสร้างขึ้นบริเวณครีบดอก ซึ่งมีขนาดเล็กมาก ไม่มีสี เมื่อมันรวมกันเป็นกลุ่มจะคล้ายครีบดอก เวลานำครีบดอกเห็ดมาเคาะบนแผ่นกระดาษสีขาวหรือ สีดำจะเห็นสปอร์ตกลงบนแผ่นกระดาษคล้าย ๆ ฝุ่นละออง

4.1.5 วงแหวน (Ring) เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ ยึดติดอยู่รอบก้านดอก เมื่อหมวกดอกกางออกเนื้อเยื่อที่ยึดติดก้านดอกกับหมวกดอกจะขาดจากกัน และมีเนื้อเยื่อบางส่วนติดอยู่กับก้านดอก มีลักษณะเป็นวงแหวน

4.1.6 ปลอกหุ้มโคน (Volva) เป็นเนื้อเยื่อที่หุ้มดอกเห็ดไว้ขณะที่ยังเล็กอยู่ เมื่อดอกเห็ดเจริญเติบโตก็ดันเนื้อหุ้มออกมา ก้านดอกก็จะชูดอกเห็ดขึ้นไป ทิ้งเนื้อเยื่อไว้ด้านล่างที่บริเวณโคนดอกเห็ด

ประเทศไทยจะพบเห็ดมากกว่า 200 ชนิด มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกัน บ้างก็มีสีสันสะดุดตา บ้างก็กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม บางชนิดก็มีกลิ่นเหม็น เห็ดพบมากในฤดูฝน มีทั้งชนิดที่กินได้และชนิดที่มีพิษ ส่วนชนิดที่มีพิษสามารถทำลายประสาทจนเกิดอาการเมา นอกจากนี้ยังมีเห็ดอีกหลายชนิดที่ยังไม่สามารถจำแนกได้ว่ามีพิษหรือไม่ เห็ดที่พบในประเทศไทย เช่น

1) เห็ดเพ็ก , เห็ดไผ่ , เห็ดหูกวาง (Ruddy Panus) ขึ้นบนลำไม้ไผ่แห้ง ตามกองหญ้าเพ็กที่ตายแล้ว

2) เห็ดเทียนแดง : ฐานดอกรูประฆังสีแดง ขึ้นเป็นดอกเดี่ยวบนพื้นดิน

3) เห็ดดาวหาง เห็ดดาวดิน (Stalked Earthstar) : เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ด้านบนนูนขึ้นแล้วปริแตกเป็นหกแฉก ขึ้นบนพื้นดิน

4) เห็ดเทียนเหลือง (Stinkhorn) : สีเหลืองอ่อน ตอนบนเรียว เป็นรูพรุน คล้ายฟองน้ำขึ้นบนพื้นดิน

5) เห็ดถ้วยชมพู (Pink Burn Cup) : ดอกเห็ดรูปถ้วย สีชมพูสด ขึ้นบนขอนไม้หรือกิ่งไม้ผุ

6) เห็ดถ่านใหญ่ (Blackening Russula) : สีขาวหม่น เนื้อหนาสีขาว ขึ้นบนพื้นดินตามป่าดิบเขาและป่าเบญจพรรณ

7) เห็ดยูง เห็ดนกยูง (Dancing Mushroom) : ดอกเห็ดรูปร่ม มีเกล็ด และเอียดเป็นจุดสีน้ำตาลขึ้นตามทุ่งหญ้า

8) เห็ดพุงหมูใหญ่ (Fetid Russula) : หมวกเห็ดรูปกลม สีน้ำตาลอมเหลือง เป็นเห็ดมีพิษแต่ทำให้สุกแล้วกินได้

9) เห็ดจั่น เห็ดตับเต่าขาว เห็ดตีนแรด สีขาวหม่น หรือขาวนวล ครีบใหญ่ โคนใหญ่ ขึ้นบนตอไม้ผุเป็นกลุ่ม

10) เห็ดแดงกุหลาบ (Rosy Russula) : หมวกเห็ดสีแดงขึ้นเป็นดอกเดี่ยวบนพื้นดิน เป็นเห็ดมีพิษ สุกแล้วกินได้

11) เห็ดไข่เหลือง เห็ดระโงกเหลือง : ขึ้นเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นกลุ่มบนพื้นดิน

12) เห็ดตับเต่าขนมปังหัวกะโหลก (Cep King Bolete Penny Bun Bolete) : สีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองขึ้นบนพื้นดิน

13) เห็ดโคน เห็ดปลวก : กลางหมวกมีสีน้ำตาล นูนเล็กน้อย โคนก้านเรียวยาว ขึ้นบนพื้นดินที่มีจอมปลวก

14) เห็ดขี้ควาย เห็ดเมา เห็ดโอสถลวงจิต (Colden Tops,Magic Mushroom) : ขึ้นบนมูลสัตว์ ตามทุ่งหญ้า มีพิษร้ายแรง กินมากอาจถึงตายได้ ถ้ากินน้อยทำให้เกิดอาการมึนเมาและประสาทหลอน

4.2 แหล่งอาหารของเห็ด

เห็ดเป็น พืชชั้นต่ำจำพวกรา (Fungi) ไม่สามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารเหมือนพืชที่มีสีเขียวทั่วไป อาหารและพลังงานของเห็ดที่ใช้ในการเจริญเติบโตจะได้จากการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่ได้มาจากซากพืชที่เป็นปุ๋ยผุพัง โดยมีแบคทีเรียเป็นผู้ทำหน้าที่ย่อย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สลายก่อนแล้วเห็ดจึงนำไปใช้ นั้นคือเห็ดจะสร้างอาหารด้วยตัวเองไม่ได้ จะได้อาหารและพลังงานจากการย่อยสลายอินทรีย์เท่านั้นอาหารที่เห็ดได้จากเศษซากพืชคือน้ำตาลในรูปน้ำตาลกลูโคส เซลลูโลส แป้ง น้ำตาล เห็ดบางชนิดมีเอนไซม์ที่ช่วยย่อยอาหารเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี โดยอาหารจะถูกดูดซึมเข้าไปทางผนังเซลล์ นอกจากน้ำตาลแล้วยังมีโปรตีน และธาตุอาหารอื่น ๆ อีก ดังต่อไปนี้

4.2.1 **แหล่งอาหารคาร์บอน** (Carbon) เห็ดต้องการอาหารประเภทคาร์บอนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะเกี่ยวกับการสร้างเซลที่เป็นโครงสร้างของเห็ด และเป็นแหล่งให้พลังงานแก่เห็ดแหล่งอาหารประเภทคาร์บอนได้แก่ น้ำตาลต่าง ๆ เช่น กลูโคส ไซโลส อะราบิโนสซึ่งเป็น คาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์ย่อยสลายให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็กก่อนที่เห็ดจะนำไปใช้

4.2.2 **แหล่งอาหารไนโตรเจน** (Nitrogen) เห็ดต้องการอาหารประเภทไนโตรเจนเพื่อใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน แหล่งอาหารประเภทไนโตรเจนได้แก่ ยูเรีย เกลือแอมโมเนียม ทั้งแอมโมเนียม ซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$) และแอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) ในกรดอะมิโน เช่น แอสพาราจีน (asparagine) อะลามีน (alanine) และไกลซีน (glycine) ในกองปุ๋ยหมักที่ใช้เพาะเห็ดจะได้โปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในกองปุ๋ยเหล่านั้นนั่นเอง แหล่งของไนโตรเจนนอกจากจะได้รับจากแหล่งต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงแล้วยังได้รับจากปุ๋ยธรรมชาติ

4.2.3 **แหล่งอาหารประเภทธาตุอาหาร** (Element) เห็ดต้องการธาตุอาหารหลักในการเจริญเติบโต ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โปแตสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) และซัลเฟอร์ (S) เห็ดต้องการธาตุอาหารหลักในปริมาณไม่มากแต่จำเป็นเพื่อใช้ในขบวนการทางสรีวิทยา และทำให้การเจริญเติบโตของเห็ดเป็นไปตามปกติ และเห็ดต้องการจุลธาตุในการเจริญเติบโตได้แก่ เหล็ก (Fe) สังกะสี (Za) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Ca) โมลิบดินัม (Mo)

ดังนั้นในการทำปุ๋ยหมักของเห็ดจึงต้องมีการเพิ่มสารประกอบเหล่านี้ยิปซัม $(CaSO_4.2H_2O)$ เพื่อให้เป็นแหล่งของแคลเซียม ดีเกลือ $(MgSO_4)$ เป็นแหล่งของแมกนีเซียม ปุ๋ยวิทยาศาสตร์เพื่อให้เป็นแหล่งของฟอสฟอรัส (ในรูปของ calcium superphosphate) และโพแทสเซียม (ในรูปของ potassium sulfate)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.2.4 **แหล่งอาหารประเภทวิตามิน** (Vitamin) วิตามินที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของเห็ด เช่น ไบโอดิน ไธอามีน มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย

4.2.5 **แหล่งอาหารประเภทกระตุ้นการเจริญเติบโต** (Grorth Promoting Activity) สารที่มีผลต่อการกระตุ้นหรือเร่งการเจริญเติบโตของเห็ดมีหลายชนิด คือ Indole acetic acid (IAA) สารพวก ester ของ oleic acid และ linoleic acid และสารกลุ่มอะมิโนหลายชนิด ได้แก่ เฟนิลอลานีน (Phenylalanine) เมทไธโอนีน (Methionine)

4.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญของเห็ด

4.3.1 **อุณหภูมิ** ที่อุณหภูมิ 22-26 องศาเซลเซียส เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดและอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการเจริญของดอกเห็ด คือ 8 – 16 องศาเซลเซียส

4.3.2 **น้ำหรือความชื้น** ความชื้นสัมพัทธ์ในการออกดอกเห็ดอยู่ระหว่าง 80-90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงขึ้นเกินไปทำให้ดอกเห็ดมีขนาดใหญ่แต่คุณภาพต่ำ หากเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำลงมาทำให้เห็ดมีขนาดเล็กแต่คุณภาพสูง

4.3.3 **แสง** การเจริญของเส้นใย ดอกเห็ดต้องการแสงจากธรรมชาติอย่างเพียงพอเพราะผลต่อการกระตุ้นการรวมตัวกันของเส้นใย แล้วพัฒนาเป็นดอกเห็ดที่สมบูรณ์ต่อไป แต่ในช่วงการเจริญเติบโต

4.3.4 **อากาศ** ถ้าการระบายอากาศในโรงเห็ดไม่ดี อาจทำให้เห็ดผิดปกติผิดรูปร่างได้

4.3.5 **พีเอช** การเลือกวัสดุเพาะเห็ดต้องคำนึงถึง พีเอชด้วยเพราะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใย พีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดควรอยู่ในช่วง 5-6

4.3.6 **สภาพอากาศ** เห็ดจัดเป็นฟังไจที่ต้องการก๊าซออกซิเจนในการเจริญเติบโต ทั้งในระยะเส้นใย และระยะการพัฒนาเป็นดอก ดังนั้นจึงควรมีการถ่ายเทอากาศที่ดี (ปัญญา โพธิ์ติรัตน์. 2538)

4.4 คุณค่าทางอาหารของเห็ด

จากการวิเคราะห์คุณค่าสารอาหารของเห็ดหลายชนิด พบว่าเห็ดจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณของโปรตีนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชผัก นอกจากนี้เห็ดยังมีกรดอะมิโน (Amimo aacid) เป็นส่วนประกอบมากกว่า 20 ชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งมีความสำคัญต่อการสร้างโปรตีนในร่างกายมนุษย์ ตามปกติแล้วโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์จะมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปริมาณสูงกว่าพืช ในเมล็ดธัญพืชมีกรดอะมิโนพวก Lysine ในปริมาณที่น้อยมาก ส่วนในพืชตระกูลถั่วมักจะขาดกรดอะมิโนพวก Methionine และ Tryptophan แต่ในเห็ดจะมีกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกายมนุษย์ครบทั้ง 9 ชนิด นอกจากนี้ เห็ดยังมีคุณค่าทางอาหารอีกหลายอย่าง ได้แก่ ไขมัน ฟอสฟอรัส, เหล็ก, Thiamin (B_4), Riboflavin (B_2) และ Niacin เห็ดจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณของแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต, และแคลเซียมต่ำ แต่มีปริมาณ Ascorbic acid (Vitamin C) สูงในเห็ดสกุล Agaricus (เห็ดแชมปิญอง) และมี Ergosterine สูงในเห็ดสกุล Lentinus (เห็ดหอม) และเห็ดสกุล Volvariella (เห็ดฟาง) ส่วนปริมาณโปรตีนและคุณค่าทางอาหารของเห็ดแต่ชนิด จะแตกต่างกัน

สถาบัน The Institute of Mushroom Research รัฐ Massachusetts ประเทศสหรัฐอเมริการายงานว่า มีเห็ดหลายชนิดที่มีสรรพคุณทางยารักษาโรค สามารถที่จะบำบัดโรคมะเร็งอย่างได้ผล ชาวจีนเชื่อว่าถ้ารับประทานเห็ดหอม และเห็ดหูหนูขาวเป็นประจำแล้วจะช่วยป้องกันการสะสมไขมันในเส้นเลือด เห็ดหลินจือ (เห็ดหมื่นปี) สามารถใช้รักษาผู้ที่เป็นโรคมะเร็งได้ จึงทำให้ประชาชนหันมาสนใจเห็ดและนิยมรับประทานเห็ดกันมากขึ้นและเห็ดยังจัดเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับผู้ที่นิยมรับประทานมังสวิรัติ ตลอดจนผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ โรคตับ โรคความดันโลหิต เป็นต้น นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการจะลดน้ำหนักอีกด้วย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณคุณค่าทางอาหารของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2535) แสดงดังตารางที่ 2.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารของอาหารบางชนิด

ชนิด	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เยื่อใย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	เหล็ก
	ก.	ก.	ก.	ก.	ม.ก.	ม.ก.	ม.ก.
เห็ดเผาะ	2.2	0.4	6.3	2.3	39	85	3.6
เห็ดหูหนู	1.4	0.1	9.1	1.8	60	น้อย	6.1
เห็ดเป๋าฮื้อ	1.6	0.4	4.8	1.2	3	78	1.1
เห็ดขมิ้น	2.7	0.5	2.3	1.0	2	17	1.6
เห็ดนางรม	2.1	0.3	4.3	0.5	4	61	0.3
เห็ดบัว (เห็ดฟาง)	3.0	1.8	3.8	1.4	8	20	1.1
เห็ดหอม	2.3	0.04	2.9	1.3			
เห็ดนางฟ้า	3.4	0.07	4.8	0.5			
เห็ดโคน	6.3	0.3	5.3	1.9			
เห็ดฟาง	3.2	0.07	4.8	0.6			

ที่มา : (กองโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข. 2535)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารจากเห็ดพื้นบ้านบางชนิดปรากฏผล ดังตาราง 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโปรตีนคาร์โบไฮเดรต เยื่อใยและเถ้า เป็นร้อยละของเห็ดพื้นบ้านจากน้ำหนักแห้ง

ชนิดเห็ด	% โปรตีน	% คาร์โบไฮเดรต	% เยื่อใย	% ไขมัน	% เถ้า
1. เห็ดเกลือ	20.78	21.02	7.33	9.09	0.99
2. เห็ดขลำหมา	10.67	12.20	25.25	2.15	0.62
3. เห็ดขอนขาว	30.79	14.66	16.79	13.89	3.71
4. เห็ดไค	27.30	19.15	9.82	5.70	1.35
5. เห็ดโคน	37.31	14.97	11.08	20.63	1.28
6. เห็ดแดงดง	23.42	15.13	10.34	4.93	1.30
7. เห็ดตีนแฮด	36.61	14.77	16.62	5.34	2.81
8. เห็ดเผาะ	18.70	12.57	20.52	9.76	2.47

ตารางที่ 2.4 ปริมาณแคลเซียม เหล็ก และสังกะสี เป็นร้อยละของ เห็ดพื้นบ้านจากน้ำหนักแห้ง

ชนิดของเห็ด	แคลเซียม (mg/100g)	เหล็ก (mg/100g)	สังกะสี (mg/100g)
1. เห็ดขอนขาว	24.70	60.14	22.50
2. เห็ดไค	13.05	4.47	17.83
3. เห็ดโคน	18.67	12.30	7.03
4. เห็ดแดงดง	3.23	6.53	5.60
5. เห็ดตีนแฮด	11.91	6.67	10.75
6. เห็ดผึ้ง	3.55	4.19	15.85
7. เห็ดเผาะ	29.69	5.23	7.30
8. เห็ดเพ็ก	6.27	8.57	9.76
9. เห็ดระโงกขาว	6.61	7.07	6.23
10. เห็ดหาด	5.07	5.13	10.58

ที่มา : (อรุณ โมนะตระกูล และคณะ. 2548)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของเห็ดกับอาหารชนิดอื่น

ชนิด	แคลอรี่ใน 100 กรัม	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เกลือแร่
เห็ด	25	92	3.5	0.3	4.5	1.0
นม	62	87	3.5	3.7	4.8	0.7
มันฝรั่ง	85	75	2.0	0.1	21.0	1.1
เนื้อ	189	68	18.0	13.0	0.5	0.5

ที่มา : ("ฟาร์มเห็ดขจรวิทย์". 2550. ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก http://www2.tat.or.th.)

4.4 คุณค่าทางยาของเห็ด

เห็ดพื้นบ้านรับประทานได้และรับประทานไม่ได้ มีประโยชน์ทางยา สรรพคุณทางยาที่สำคัญ สรุปดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 เห็ดพื้นบ้านและสรรพคุณทางยา

ชื่อเห็ด	ประเทศที่อ้างอิงการใช้ประโยชน์ทางยา	สรรพคุณ
เห็ดกินได้		
เห็ดชิ่น (อิสานเรียก เห็ดหูช้าง)	จีน ญี่ปุ่น	ยับยั้งเนื้องอก กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ช่วยให้เลือดหมุนเวียน ต้านมะเร็งหลอดอาหาร
เห็ดชิ่นเหลี่ยม (เห็ดหลินจือ)	จีน ญี่ปุ่น อเมริกา อินเดีย	สร้างภูมิคุ้มกัน ยับยั้งเนื้องอก บำรุงกำลัง ขับเสมหะ ระงับไอ ต่อต้านเชื้อหวัด
เห็ดหิ่งห้อย อยู่ในกลุ่มเห็ดน้ำหมึก	จีน สวีเดน	มีสาร coprine ใช้รักษาโรคประสาทเรื้อรัง (จีนใช้เป็นยาต้านการอักเสบแก้มะเร็งที่ผิวหนัง ฝี หนอง แผลฟกช้ำ) ใช้รักษาอาการเจ็บปวดจากแผลไฟไหม้
เห็ดหูหนู (กะตั่น)	อเมริกา จีน ญี่ปุ่น	แก้เจ็บปวดริดสีดวงทวารหนัก บำรุงกำลัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชื่อเห็ด	ประเทศที่อ้างอิงการใช้ประโยชน์ทางยา	สรรพคุณ
เห็ดกะตั่นขน (หูหนูช้าง)	อเมริกา จีน ญี่ปุ่น	แก้อาการเจ็บปวด เลือดออกในริดสีดวงทวาร หนัก บำรุงกำลัง
เห็ดกะตั่นขาว (เห็ดหูหนูขาว)	อเมริกา จีน	ปรับสมดุลของร่างกาย ทำยาลดไข้ ยับยั้งเนื้องอก
เห็ดนกกะบา (เห็ดชานหมาก 2 ชั้น)	กลิ่นคล้ายยี่หร่า อเมริกา จีน	ต่อต้านแบคทีเรียและยับยั้งเนื้องอก
เห็ดทาทุ่ง (กระดุม,ทองแดง,ขจร)	อเมริกา จีน ญี่ปุ่น	ต่อต้านแบคทีเรีย ยับยั้งเนื้องอก
เห็ดปลวกขี้ไก่	ญี่ปุ่น	แก้โรคหนองใน
เห็ดทา (กลุ่มเดียวกับเห็ดแชมปีญอง)	เยอรมัน อังกฤษ	ต้านแบคทีเรีย และยับยั้งเนื้องอก รักษาเบาหวาน
เห็ดก้ามปูหรือเห็ดขมิ้น	อีสาน	แก้ปวดตา ตาอักเสบ มองไม่เห็นกลางคืน
	อเมริกา จีน	ยับยั้งเนื้องอก แก้ผิวหนัง ขับเสมหะ
มันปูดำ	เยอรมัน	ขับเสมหะ และลดน้ำมูก
เห็ดหน้าเส้า	พื้นบ้านอีสาน	ลดความร้อนในตับ
	อเมริกา จีน	ยับยั้งเนื้องอก ต่อต้านเชื้อไข้ บำรุงสายตา
เห็ดปลวกใหญ่ เห็ดโคน	อเมริกา จีน	บำรุงกำลัง
เห็ดกินไม่ได้		
เห็ดขอนขน	อเมริกา จีน	ยับยั้งเนื้องอก ระบายและดับความร้อนในร่างกาย
เห็ดหิ้งชั้นน้ำตาเทา	อเมริกา ญี่ปุ่น	ยับยั้งการก่อเนื้องอก ปรับไฟธาตุพิการให้เข้าที่
เห็ดหิ้งครีมผิวขรุขระ	จีนและญี่ปุ่น	ยับยั้งเนื้องอกกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต
เห็ดหิ้งเกือกม้าขรุขระ	อเมริกา เยอรมัน และจีน อีสาน	รักษาพิษไหม้จากพิษงู เป็นยาพื้นบ้านต่อต้านมะเร็ง มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย

ที่มา : (วินัย กลิ่นหอม และอุษา กลิ่นหอม. 2548)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ

กิตติมา ยี่ยวน และจารุณี ศรีจั๊ด (2544) ศึกษาปริมาณโปรตีนและแคลเซียมในเห็ดฟางที่ใช้วัสดุต่างชนิดกัน ได้แก่ เปลือกมันสำปะหลัง ขี้ฝ้าย เปลือกถั่วเขียว ผักตบชวา และต้นกล้วย ซึ่งการหาปริมาณโปรตีนและแคลเซียม จะใช้เทคนิคเจดาห์ล และเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตโฟโตเมตตรี ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณโปรตีนในเห็ดฟางที่ใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นวัสดุเพาะจะเป็นโปรตีนเท่ากับ 32.57 % ซึ่งมากกว่าวัสดุเพาะชนิดอื่น ๆ ส่วนปริมาณแคลเซียมในเห็ดฟางที่ใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุเพาะจะมีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 13.47 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่าวัสดุเพาะอื่น ๆ

กรรณิกา นาริโส (2547) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการเกิดดอกของเห็ดกระด้าง Lentinus Polychous Lev. 5 สายพันธ์ คือ KPMl – KPM5 พบว่าสามารถเจริญได้ดีในอาหารมันฝรั่งเด็กโตรสโดยมีภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส พีเอช 5.0 นอกจากนี้การเกิดดอกเห็ดกระด้างยังได้รับอิทธิพลอย่างมากเมื่อกระตุ้นด้วยแสงความเข้มข้น 4000 ลักซ์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

นิภาพร อามัสสา (2549) ทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ และแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ของเห็ด 4 อำเภอ ในเขตเทือกเขาภูพาน จังหวัด สกลนคร โดยใช้เห็ดหิ้งจำนวน21 ชนิด และเห็ดที่เพาะเลี้ยงในเชิงการค้า 2 ชนิด มาศึกษาเปรียญเทียบลักษณะการเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่าง ๆ ทั้งอาหารแข็งและอาหารเหลว พบว่าเห็ดหิ้งเจริญได้ดีบนอาหารเหลวลำข้าว (RbDMPA) มันสำปะหลัง (CDMPA) มันเทศ (SpDMPA) และมันฝรั่ง (FMPA) และอาหารพีดีเอ(PDA) และเจริญในบนอาหารเหลวรำข้าว (RbDMPA) มันฝรั่ง (FMPA) ดีที่สุดโดยในเห็ดที่เลี้ยงบนอาหารเหลวรำข้าว (RbDMPA) มีเส้นใยสูงกว่าเลี้ยงบนอาการเหลวมันฝรั่ง (FMPA)

พัชราภรณ์ พิมพ์จันทร์ (2550) การศึกษาคุณสมบัติของดินบริเวณที่ไม่พบและพบเห็ดโดยธรรมชาติ บริเวณป่าชุมชนโคกหินลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ศึกษาและเปรียญเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินพื้นราบที่พบเห็ด ดินพื้นที่จอมปลวกที่พบเห็ด และดินบริเวณที่ไม่พบเห็ด จากการศึกษาสภาพแวดล้อมทั่วไปของดินสมบัติทางกายภาพและทางเคมี มีลักษณะเป็นดินทราย ดินพื้นราบสีดำเข้มความชื้นสูง ดินจอมปลวกสีน้ำตาลเหลือง ความชื้นน้อย ต้นไม้ที่พบส่วนใหญ่ คือ ต้นจิก ต้นแดง ต้นครก ต้นชาด ต้นเพ็ก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ส่วนดินไม่พบการเจริญเติบโตของเห็ด มีลักษณะเป็นดินทราย สีเหลืองความชื้นสูงมากต้นไม้ที่พบมากเป็นต้นไผ่ ต้นดอกกระเจียว และต้นไม้ขนาดเล็ก คุณสมบัติของดินทั้ง 3 บริเวณที่วิเคราะห์ได้ คือค่า พีเอชอยู่ในช่วง 5-6 ความชื้น 9-13.22 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 1.30-1.57 g/ml ปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ อินทรียวัตถุ 0.41-1.01 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมด 0.04-2.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม กำมะถัน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี 0.96-2.01, 1.05-6.85, 200.03-397.96, 382.13-5.7.93, 164.15-266.51, 5.44-32.78, 0.42-0.61, 12.06-16.07, 9.12-20.93, 0.60-6.55 ppm ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน แมกนีเซียมและโพแทสเซียม ดินบริเวณที่พบเห็ดสูงกว่าดินบริเวณที่ไม่พบเห็ดและปริมาณ โซเดียม แคลเซียม กำมะถัน และสังกะสีในดินบริเวณที่พบเห็ดมีปริมาณต่ำกว่าดินที่ไม่พบเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แนวโน้มดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด คือ พีเอช 5-6 ความหนาแน่นต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน แมกนีเซียม และโพแทสเซียมสูง และปริมาณโซเดียม แคลเซียม กำมะถัน และสังกะสีต่ำ

พิทักษ์ รุ่งสว่าง และศักดิ์ดา ภูกองชนะ (2546) ศึกษาปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและเยื่อใยในผักพื้นบ้าน 8 ชนิด ได้แก่ เห็ดเกลือ เห็ดโคน เห็ดตะไคหรือเห็ดหล่มขาว เห็ดน้ำแป้ง เห็ดเพ็ก เห็ดมันปู เห็ดไข่ห่านหรือเห็ดระโงกขาว เห็ดไข่ห่านเหลืองหรือเห็ดระโงกเหลือง ซึ่งการหาปริมาณโปรตีนจะใช้เทคนิคเจดาห์ล ผลการวิเคราะห์พบว่าโปรตีนเห็ดทั้ง 8 ชนิด พบว่าเห็ดโคนมีปริมาณโปรตีน 37.17% ซึ่งมากกว่าเห็ดชนิดอื่น ๆ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเห็ดเพ็กมี 44.44% มากกว่าเห็ดชนิดอื่น สำหรับการหาเยื่อใยเห็ดตะไค มี 12.85 % ซึ่งมีปริมาณเยื่อใยมากกว่าเห็ดชนิดอื่นที่ทำการทดลอง

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Durati M. และคณะ (2006) ทำการศึกษาปริมาณ Fe, Mn, Zn, Cu, Pd, Cd, Cr, Ni ในเห็ดจากประเทศตุรกีโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโตสโคปี (AAS) ปริมาณธาตุที่พบมากที่สุดเป็นดังนี้ Fe พบ 628 mg/kg ใน Mycena inclinata Mu พบ 103 mg/kg ใน Coprinus comatus Cu พบ 86.2 mg/kg ใน M. Inclinata Pb พบ 11.4 mg/kg ใน P.stipticus Cd พบ 1.6 mg/kg ใน Panaeolus campanulauts Cr พบ 4.4 mg/kg ใน C.comatus และ Ni พบ 21.6 mg/kg ใน M.inclinata Zn พบ 162 mg/kg ใน Panellus stipticus

Jordan S. N., Mullen G. J. และ Murphy M. C. (2006) ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของปุ๋ยที่ใช้ในการผลิตเห็ดใน Ireland 63 ตัวอย่าง พบว่า มีค่าพีเอช 6.8 ±0.48

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจน 18 ± 2.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมที่มีประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม 654 ± 58.6 , 4.0 ± 3.8 , 18 ± 5.8 , 13 ± 2.9 , 20 ± 6.2 , 21 ± 2.0 , 2.8 ± 49.1 , 18 ± 19.4 , 1.68 ± 2.7 g/kg ตามลำดับ และปริมาณทองแดง สังกะสี แมงกานีส เหล็ก ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิเกิล 54 ± 21.2 , 143 ± 39.2 , 164 ± 36.5 , 47 ± 0.95 , 10.4 ± 1.69 , 6.2 ± 1.18 , 0.21 ± 0.01 , 5.8 ± 0.02 mg/kg ตามลำดับ

Luigi C. และคณะ (2006) ทำการศึกษาปริมาณ As, Cd, Pb, Hg, Se, โดยสำรวจเห็ด 1194 ตัวอย่างจาก 60 ชนิด ในประเทศอิตาลีและศึกษาด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอบซันสเปกโตสโคปี (AAS) พบว่าปริมาณ As พบใน Sarcosphaera eximia 1000 mg/kg Cd พบใน Amanita caesarea, Boletusedulis และ Boletus pinophilus ในปริมาณสูงมากเกินที่ WHO กำหนด 50 เท่า และ พบ Pb เฉลี่ยต่ำกว่าที่ WHO กำหนด พบว่า Agarecus bitorguis, Agarecus arvensis, Agarecus essettei, Agarecus albertii, B. Pinophilus, Clitocybe geotropa, Macrolepiota rachodes มีปริมาณ Hg อยู่ในช่วง 5-10 mg/kg ของน้ำหนักแห้ง Se พบมากในกลุ่ม B. Edulis

Maria R. และ Tomasz L. (2004) ศึกษาปริมาณ Al, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb ในดินป่าที่พบเห็ดธรรมชาติจากป่า 3 บริเวณ และในเห็ด 123 ตัวอย่างจาก 16 ชนิด ในประเทศโปแลนด์ พบว่าในดินบริเวณ Lubon มีปริมาณ Al, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb, 102.6, 11 , 51.2, 0.5, 0.08,2.5 mg/kg ตามลำดับ ดินบริเวณ Kormik มีปริมาณ Al, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb 62.6, 33.6, 75.7, 2.55, 0.04, 4.8 mg/kg ตามลำดับ ดินบริเวณ Notecka มีปริมาณ Al, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb 115, 18.9, 49.6, 1.56, 0.08, 2.9 mg/kg ตามลำดับ

Marea R. และTomasz L. (2006) ศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K, S, Ca, Mg) และธาตุอาหารรอง (Al, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb) ในเห็ด 160 ตัวอย่างจาก 8 ชนิด และในดิน 15 ตัวอย่างจากป่าทางตะวันตกของโปแลนด์ โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอบซันสเปกโตสโคปี (AAS) พบว่าลักษณะดินเป็นดินปนทรายมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในปริมาณต่ำ พบธาตุอาหารในเห็ดดังนี้ ธาตุอาหารหลัก N 40.0 $g \cdot kg^{-1}$, K 33.0 $g \cdot kg^{-1}$, P 5.4 $g \cdot kg^{-1}$, S2.2 $g \cdot kg^{-1}$, C 1.0 $g \cdot kg^{-1}$, Mg 0.7 $g \cdot kg^{-1}$, ธาตุอาหารทั้งหมดยกเว้น Ca พบในเห็ดมากกว่าในดิน N, P, K, S, Mg พบบริเวณหมวกเห็ดมากกว่าบริเวณขา Ca พบที่

ขาเห็ดมากกว่าหมวก ปริมาณธาตุอาหารรองเรียงลำดับปริมาณที่พบดังนี้ Al > Zn > Fe > Mn > Pb > Cd ปริมาณที่พบในหมวกและขาของเห็ดจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของเห็ด

Mohammed B. คณะ (2006) ศึกษาปริมาณ As, Cd, Cu, Hg, Pb, Se และ Zn ในเห็ดและบริเวณดินที่มีเห็ดขึ้นใน 6 พื้นที่ป่าในฝรั่งเศส พบว่าคุณสมบัติและปริมาณธาตุในดินเป็นดังนี้ pH 3.9 4.2 สารอินทรีย์ (OM) 13.8-21.1 g kg^{-1} อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 21-31 As 0.1-0.5 mg . kg^{-1} Cd 0.04-0.02 mg . kg^{-1} Cu 0.09-2 mg . kg^{-1} Hg 0.02 mg.kg^{-1} Pb 1.3-3.6 mg.kg^{-1} Zn 0.1-6.2 mg.kg^{-1} และปริมาณธาตุในเห็ดบริเวณต่าง ๆ เป็นดังนี้ As 0.04-0.11 mg.kg^{-1} Cd 1-12 mg.kg^{-1} Cu 31-48 mg.kg^{-1} Hg 0.61 mg.kg^{-1} Pb 4.7 mg.kg^{-1} Zn 56-260 mg.kg^{-1} พบว่าธาตุ As, Cu, Se, Zn ความเข้มข้นในดินไม่มีผลต่อปริมาณธาตุที่พบในเห็ด และ Cd, Hg, Pb ความเข้มข้นในดินมีผลต่อปริมาณธาตุที่พบในเห็ด

Mustafa Y. และคณะ (2006 A) ทำการศึกษาปริมาณ Pb, Cd, Zn, Fe, Mn, Cu, Cr, และ Ni ในเห็ด 15 ชนิด ในบริเวณ Anatolia ประเทศตุรกี ปริมาณที่พบสูงสุดต่อน้ำหนักแห้งเป็นดังนี้ Pb 11.72 mg/ kg , Fe 11460 mg/kg , Cu 144.2 mg/kg ซึ่งพบใน Lepista nuda Cd และ Cr พบสูงสุดใน Gymnopus dryophilu ปริมาณ 3.24 และ 73.8 mg/kg ตามลำดับ Zn พบสูงสุดใน Tricholoma eguestre 173.8 mg/kg และ Ni พบสูงสุดใน Coprinus comatus 58.60 mg/kg

Mustafa Y. และคณะ (2006) ทำการศึกษาปริมาณ Cd, Zn, Fe, Mn, Cu และ Se ในเห็ดบริเวณทะเลดำ ประทศตุรกี ด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอบชันแสปกโตสโคปี (AAS) พบว่า Cu พบมากที่สุดใน Entoloma sinuatum 18.9-64.8 µg/g Mn พบมากที่สุดใน Leucoagaricus Leucothites 53.5-130 µg/g Zn พบมากที่สุดใน Entoloma sinuatum 44.7-198 µg/g Fe พบว่ามากที่สุดใน Amanita panthering 187-985 µg/g Se พบมากที่สุดใน Amanita pantherina 0.54-10.8 µg/g Cd พบมากที่สุดใน Agaricus arvensis 0.9-2.5 µg/g

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHAPAKHAM UNIVERSITY