บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุตสาหกรรมน้ำยางข้น

2.1.1 น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม ในทางเคมีจัดเป็นสารแขวนลอย มีความหนาแน่น 0.97 - 0.98 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่ากรด เบส ประมาณ 6.50 - 7.00 มีความหนืดไม่แน่นอน มีส่วนประกอบของสารต่าง ๆ ในน้ำยาง ดังแสดงใน ตารางที่ 2.1 ทั้งนี้อาจมีส่วนประกอบของสารต่างๆ ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น พันธุ์ อายุต้นยาง การกรีด ฤดูกาล เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ (Brydson, 1978)

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	36 (เป็นเนื้อยางแห้ง ร้อยละ33)
สารโปรตีน	1.0 - 1.5
สารประกอบพวกเรซิน	1.0 - 2.5
เถ้า	น้อยกว่า 1.0
น้ำตาล	1.0
น้ำ	ประมาณ 60

ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางธรรมชาติในสภาพน้ำยางสดไม่แน่นอน อยู่ในระดับร้อยละ 25 ถึง 45ซึ่งความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางสดมีค่าประมาณ ร้อยละ 3 แต่ถ้าปั่นน้ำยางสดเป็นน้ำยางข้นแล้ว ความแตกต่างจะลดลงเหลือประมาณร้อยละ 1 ถึง 2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการปรับเครื่องปั่น (วราภรณ์, 2536)

2.1.2 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

การผลิตน้ำยางข้น เนื่องจากน้ำยางสดจากต้นยางโดยปกติมีปริมาณเนื้อยางแห้งร้อยละ 25 ถึง 45 และมีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการทำให้ยางมีความเข้มข้นเป็นร้อยละ 60 ของเนื้อยางแห้งโดยผ่านกรรมวิธีแยกของเหลวออกบางส่วน ทำให้การขนย้ายประหยัดและได้ผลผลิตน้ำยางข้นที่มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่าน้ำยางสด โดยกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.2.1 การรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำเป็นน้ำยางข้น

น้ำยางสดจากต้นมีสถานะเป็นด่าง หากไม่มีการรักษาสภาพน้ำยาง จุลินทรีย์ในอากาศจะลงปะปนในน้ำยางและใช้สารกลุ่มน้ำตาลเป็นอาหาร ทำให้เกิดความเป็นกรดหากไม่มีการเติมสารเคมีรักษาน้ำยางสภาวะเป็นกรดจะทำลายชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ทำให้ยางเสียความคงสถานะเป็นของเหลว จะหนืดข้นมีกลิ่นเหม็นของสารบูดเน่าภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงนับจากไหลออกจากต้นยาง นั่นคือ มีอนุมูลบวกเกิดขึ้นและเกิดปฏิกิริยาสะเทินกับอนุมูลรอบ ๆ ผิวอนุภาคยาง ทำให้น้ำยางเสียสภาพก่อนจะนำไปแปรรูป ดังนั้นจึงต้องมีการรักษาสภาพน้ำยางสด โดยทั่วไปสารเคมีที่ใช้ได้แก่ แอมโมเนีย โดยใช้แอมโมเนีย ร้อยละ 0.30 - 0.70 ต่อน้ำหนักยาง หรือแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด โดยใช้แอมโมเนียร้อยละ 0.30 ร่วมกับสารช่วย เช่น Tetramethyl thiuram disulfide (TMTD) ร้อยละ 0.025 ต่อ ซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 0.001 หรือใช้ซิงค์ไดเอลดีลไดไทโอคาร์บาเมต ร้อยละ 0.01 รายละเอียดของสารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง มีดังนี้

1) แอมโมเนีย ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายแบคทีเรียที่ปะปนในน้ำยาง ปกติสภาพน้ำยางพิจารณาได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนกรดไขมันระเหย ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้สภาวะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง แอมโมเนียมีฤทธิ์เป็นด่างจึงช่วยส่งเสริมความเป็นด่างของซีรุ่ม ซึ่งก่อให้เกิดผลการส่งเสริมสถานะเป็นน้ำยางอยู่ได้ ปริมาณแอมโมเนียที่ใช้ร้อยละ 0.30 - 0.70 ต่อน้ำหนักน้ำยาง สามารถรักษาน้ำยางไว้ได้ 1 ถึง 3 วันหลังกรีด

2) แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น การใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวรักษาน้ำยางสด ไม่สามารถป้องกันการเพิ่มจำนวนของกรดไขมันระเหยในระยะยาวได้ การใช้สารเคมีช่วยจึงเป็น Secondary preservatives เช่น ซิงค์ออกไซด์ Tetramethyl thiuram disulfide (TMTD) เป็นต้น ร่วมกับแอมโมเนียจะป้องกันการเพิ่มจำนวนกรดไขมันระเหยได้ดีกว่าการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว ซิงค์ออกไซด์ มีความสามารถทำลายแบคทีเรียในน้ำยางได้ การใช้ซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ0.05 กับแอมโมเนียร้อยละ 0.30 ต่อน้ำหนักยาง จะรักษาจำนวนกรดไขมันให้คงที่นานถึง 2 อาทิตย์ และการใช้ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับTMTD ในอัตราส่วนTMTD ร้อยละ 0.03 ต่อน้ำหนักยาง ร่วมกับแอมโมเนียร้อยละ 0.20 - 0.35 ต่อน้ำหนักยางจะรักษาน้ำยางสดได้นานถึง 10 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2531)

2.1.2.2 การรวบรวมน้ำยางสด

น้ำยางสดเมื่อมาถึงโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะกรองผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช (Mesh) ลงสู่ถังรวมและนำตัวอย่างน้ำยางสดไปทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง หากน้ำยางสดมีปริมาณเนื้อยางน้อยกว่าร้อยละ 25 จะไม่นำไปผลิตน้ำยางข้น เมื่อทราบปริมาณเนื้อยางแห้ง เติมแก๊สแอมโมเนียลงสู่ถังน้ำยาง หลังจากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางซึ่งปริมาณธาตุแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะแปรปรวน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น พันธุ์ยาง การใส่ปุ๋ย ตลอดจนฤดูกาล หากทดสอบพบว่า น้ำยางมีปริมาณแมกนีเซียมสูง ก็จะเติม ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต โดยปกติจะเติม 1.00 - 1.50 กิโลกรัมต่อน้ำยางสด 1 ตัน น้ำยางสดก่อนนำไปปั่นควรมีแมกนีเซียม น้อยกว่า 50 ล้านในล้านส่วนของแข็งทั้งหมด เมื่อปั่นน้ำยางข้นแล้วควรมีแมกนีเซียมไม่เกิน 20 ล้านในล้านส่วนของแข็งทั้งหมด หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของแมกนีเซียม โดยที่ ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมเกิดเป็น แมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ทั้งนี้ถ้าแมกนีเซียมในน้ำยางมีปริมาณมาก จะทำให้น้ำยางสูญเสียความคงตัวต่อเครื่องกล (ลด Mechanical Stability Time, MST) อันเนื่องมาจาก การฟอร์มของ magnesium higher fatty acid soaps ที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อทิ้งไว้ สิ่งสกปรกต่าง ๆ ตกลงสู่ก้นถัง ตะกอนเหล่านี้จะถูกแยกออกจากน้ำยาง หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำยางมาทดสอบหาจำนวนกรดไขมันระเหย เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยางที่ได้มีการรักษาสภาพดีพอ ซึ่งจำนวนกรดไขมันระเหยไม่ควรเกินร้อยละ 0.05 และนำไปเข้าสู่กระบวนการปั่น (ผลชิต, 2531)

2.1.2.3 วิธีการผลิตน้ำยางข้น

หลักการสำคัญของวิธีการผลิตน้ำยางข้นมี 4 วิธี ดังนี้ คือ

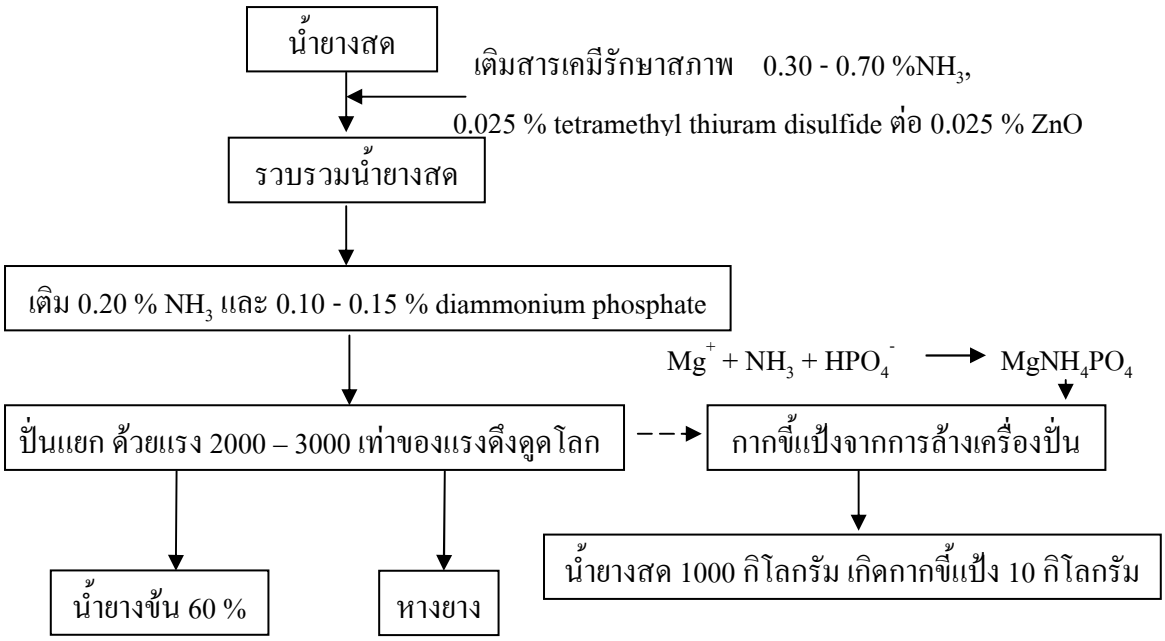
1) วิธีการระเหยน้ำ (Evaporation) น้ำยางข้นที่ได้มีความคงสภาพเป็นน้ำยางดีมาก จึงเหมาะสำหรับการที่จะต้องขนย้ายน้ำยางไปไกล ๆ และเหมาะสมกับการนำไปผลิตวัตถุสำเร็จรูปประเภทที่ต้องใส่พวกสารเพิ่ม (filler) จำนวนมาก เช่น การผลิตกาว เป็นต้น

2) วิธีการทำให้เกิดครีม (Creaming) โดยเติม Creaming Agent ต่าง ๆ เช่น Sodium Alginate, Locust Bean Gun เพื่อทำหน้าที่พอกหรือเคลือบผิวของอนุภาคยางให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยางได้เป็นวิธีที่ยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลาแต่สามารถให้น้ำยางข้นที่บริสุทธิ์และมีโปรตีนน้อย

3) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electro decantation) จากการที่ในสถานะของน้ำยางอนุภาคยางที่แขวนลอยในซีรั่มต่างถูกห่อหุ้มด้วยคาร์บ๊อกซิลิกอิออนที่มีประจุลบ ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้ไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยกส่วนของเนื้อยางจากซีรั่มได้ โดยจุ่มไฟฟ้าที่มีขั้วบวกลงในน้ำยางที่ได้เติมสารเคมีช่วยทำให้เนื้อยางคงตัวไว้แล้ว อนุภาคยางจะค่อย ๆ เคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวกและ

ลอยตัวขึ้นสูงสู่ผิวหน้าของน้ำยางในที่สุด วิธีนี้เป็นวิธีที่ยุ่งยากและไม่ประหยัดจึงไม่เป็นวิธีที่นิยมกัน

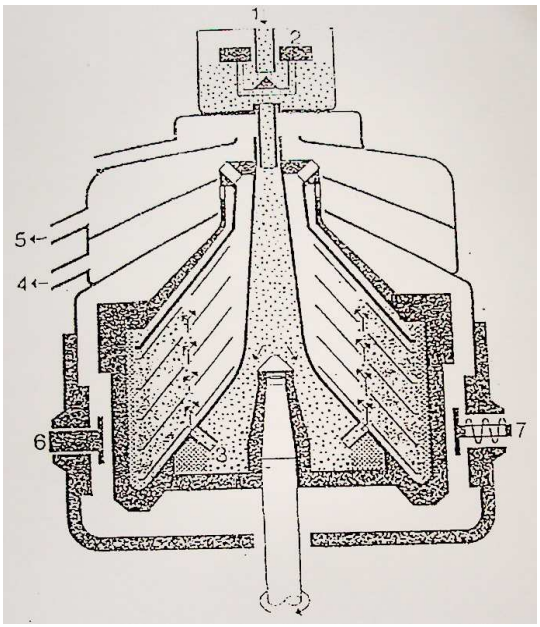
4) วิธีการปั่น (Centrifuging) เป็นวิธีการที่มีการใช้โดยทั่วไปอย่างกว้างขวางมากที่สุด ในการผลิตน้ำยางข้น สำหรับประเทศไทยปัจจุบันทำการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นเพียงอย่างเดียว โดยมีกระบวนการผลิตดังภาพประกอบที่ 2.1



ภาพประกอบที่ 2.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น โดยวิธีการปั่น
(ดัดแปลงจากวราภรณ์, 2536)

เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายที่จัดอยู่ในระบบคอลลอยด์ ที่ประกอบด้วยส่วนของอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในซีรั่ม อนุภาคยางเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียนและเนื่องจากอนุภาคยางเบากว่าซีรั่ม อนุภาคยางจึงมีแนวโน้มที่ลอยตัวสู่ผิวหน้าของน้ำยาง อัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก หากสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้ก็สามารถเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ ดังนั้นการปั่น (centrifuge) ซึ่งสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้เป็น 2,000 - 3,000 เท่า ของแรงดึงดูดของโลก จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ จากหลักการนี้จึงถูกพิจารณาสร้างเครื่องปั่นน้ำยางเพื่อผลิตน้ำยางข้น (พงศ์นรินทร์, 2543) ดังภาพประกอบที่ 2.2 แสดงลักษณะหน้าตัดภายในของถังปั่นแบบ Alfa Laval รุ่น LRH 410 โดยน้ำยางจะไหลเข้าทาง (1) ซึ่งอยู่บนสุดของตัวเครื่อง และระดับของน้ำยางจะปรับให้คงที่โดยส่วนที่

(2) น้ำยางไหลโดยแรงโน้มถ่วงไปที่จุดกลางถังปั่น และแรงปั่นของเครื่องจะปั่นให้น้ำยางไหลไปตามรูของชุดจานแยก (3) จากนั้นน้ำยางจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีน้ำหนัก คือ หางน้ำยาง (Skim) ไหลออกสู่รอบนอกของถังปั่นและไปตามทางด้านบนของถังผ่านสกรูปรับสู่ที่เก็บแยกหางยาง (4) ส่วนข้นของน้ำยาง ซึ่งเป็นส่วนที่มีเนื้อยางจะไหลเข้าสู่กลางถังปั่นไปยังด้านบนถังปั่นไปยังด้านบนถังเข้าสู่ที่เก็บ (5) เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็ก สามารถแยกน้ำยางสดได้ประมาณ 15 ลิตรต่อชั่วโมง และเครื่องขนาดใหญ่แยกน้ำยางสดได้ 400 - 600 ลิตรต่อชั่วโมง โดยปกติการเดินเครื่องปั่นจะสามารถเดินเครื่องติดต่อกันได้อย่างมากครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมง เนื่องจากต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดเครื่องปั่นล้างพวกตม (sludge) ที่ติดอยู่ในเครื่อง



(1) Feed (2) Feed cup with float (3) Distribution tubes (4) Outlet for the skim (5) Outlet for the concentrate (6) Mechanical brake (7) Magnetic brake

ภาพประกอบที่ 2.2 ภาพหน้าตัดตามยาวของถังปั่นน้ำยางข้น

(กรมวิชาการเกษตร, 2531)

2.1.2.4 การแยกตัวของน้ำยางเมื่อถูกปั่น

ลักษณะของการแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสดเวลาถูกปั่นด้วยเครื่อง Centrifuging Machine สามารถประมาณการใช้น้ำยางสดและน้ำยางข้นที่ได้อย่างถูกต้อง น้ำยางสดเมื่อนำมาปั่น

องค์ประกอบต่างๆ จะแยกตัวออกเป็น น้ำยางข้น (Concentrate Latex) และหางน้ำยาง (Skim Latex) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสด เมื่อถูกปั่น (Samor, 2548)

องค์ประกอบ	น้ำยางสด (Field Latex) 100 gm	น้ำยางข้น (concentrated Latex) 50 gm	หางน้ำยาง (Skim Latex) 50 gm
DRC	32.5 gm	30 gm	2.5 gm
TSC	36.0 gm	30.75 gm	5.25 gm
TSC-DRC	3.5 gm	0.75 gm	2.75 gm
VFA No	0.10	0.060	0.040
Mg^{2+}	200 ppm on Latex	120 ppm	80 ppm
Serum	64 gm	19.25 gm	44.75 gm
รวม	100 gm	50 gm	50 gm

ส่วนที่เป็นเนื้อยางมีปริมาณไม่แน่นอน มีตั้งแต่ร้อยละ 22 จนถึง 48 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ ระบบกรีด และฤดูกาล แต่โดยทั่วไปตามองค์ประกอบของน้ำยางสด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

1) ส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Content: DRC) เป็นสารประกอบไฮโดรเจนที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรเคมี คือ $(C_5H_8)_n$ เรียกชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซ-พรีน หน่วยดังกล่าว เมื่อเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะเรียงตัวกันในแบบ cis - configuration เรียกว่า cis - 1, 4 - polyisoprene เนื้อยางมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000,000 รูปร่างของอนุภาคยางเป็นรูปกลมหรือรูปลูกแฟร์ขนาด 0.05 - 5.00 ไมครอน มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเป็นลบเคลื่อนที่แบบบราวเนียนไปมาตลอดเวลา

2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง (Non Rubber Content) เป็นส่วนอื่น ๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นยาง ซึ่งพบว่าประกอบด้วย ส่วนที่เป็น คาร์โบไอเดรต ส่วนใหญ่เป็นพวกแอลเมธิลไลโนซิทอล ส่วนคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่จำนวนน้อย ได้แก่ ซูโครส ฟรุกโตส และกาแลคโตส น้ำตาลเหล่านี้สะสมในชั้นน้ำ เมื่อถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดระเหยได้ (Volatile Fatty Acid : VAF) เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และ กรดโพรไพโอนิค ค่า VAF ในน้ำยางเป็นตัวบ่งถึงความสามารถในการรักษาสภาพน้ำยาง น้ำยางที่ดีจะมีค่า VFA ต่ำ เช่น น้ำยางสดที่เก็บรักษาดี จะมีค่า VAF เพียง 0.01 ถึง 0.02 และในน้ำยางข้นที่ได้มาตรฐาน สากล ค่า VAF จะต้องไม่เกิน 0.20 หน่วย เป็นต้น และยังประกอบส่วนที่เป็น โปรตีนและกรดอะมิโน มีหลายชนิดที่สำคัญ คือ แอลฟาโกรบูลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำและอากาศ ส่วนเฮวาลิน จะอยู่ในอนุภาค

ของเม็ดยางและละลายในชั้นน้ำ ส่วนไลปิดที่อยู่กับอนุภาคยางเป็นพวก ฟอสโฟไลปิด และพวกสเตอรอล ฟอสโฟไลปิด อยู่ในระหว่างชั้นของโปรตีนกับเม็ดยาง ส่วนที่ไม่ใช่ยางยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกคือ สารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน แมธิลลามีน กรดอินทรีย์ อนุมูลของสารอินทรีย์โดยเฉพาะพวกฟอสเฟตและคาร์บอเนต และอนุมูลของโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง นอกจากนี้ยังมีกรดไฮโดรไซยาไนด์อิสระประมาณร้อยละ 0.25 สารประกอบพวกไทออล และเอนไซด์หลายชนิด (วราภรณ์, 2536)

ส่วนน้ำ**ซีรั่ม** คือ ส่วนที่เป็นน้ำใสของน้ำยาง ได้จากการแปรรูปเบื้องต้นของน้ำยาง เป็นยางชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำยางข้น ยางแผ่น ยางเครฟ หรือแม้แต่การจับตัวกันตามธรรมชาติหลังจากแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกไปแล้ว จะเหลือส่วนที่เป็นน้ำใสเรียกว่า ซีรั่ม (Ahmad, 1982) จากการวิเคราะห์ชั้นของซีรั่มของวราภรณ์ (2536) พบว่า ประกอบด้วยสารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และอะมิโน และสารอื่น ๆ

2.1.2.5 การเก็บน้ำยางข้น

การเก็บน้ำยางข้นไว้ในโรงงานเพื่อรอการถ่ายและขนส่งต่อไปหรือรอการทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อาจบรรจุในถังขนาดใหญ่ 9000 - 14000 ลิตร หรือถังขนาด 200 ลิตร น้ำยางข้นที่เก็บไว้โดยไม่ถูกกวนจะมีปัญหาเกิดครีมขึ้นบนผิวหน้า เนื่องจากอนุภาคยางลอยขึ้นอยู่ผิวหน้าทำให้น้ำยางส่วนนั้นมากขึ้น จึงจำเป็นต้องติดอุปกรณ์สำหรับกวนน้ำยางภายในถัง ซึ่งประกอบด้วยใบพัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ต่อ 2 ถึง 3 ต่อ 4 ของเส้นผ่าศูนย์กลางถัง การกวนจะใช้ความเร็วต่ำ ๆ เช่น 15 ถึง 30 รอบต่อนาที ระยะเวลาและความถี่ของการกวนเพื่อให้น้ำยางคงเนื้อเดียวกันตลอด ขึ้นกับอุณหภูมิการเก็บน้ำยาง ถ้าอุณหภูมิสูงน้ำยางจะเกิดครีมได้เร็วขึ้น

2.1.3 กากขี้แป้ง

กากขี้แป้ง (Latex sludge) เกิดจากกระบวนการเตรียมน้ำยางข้นทำโดยกระบวนการแยกเนื้อยางจากซีรั่ม เพื่อให้ได้น้ำยางที่มีคุณภาพและช่วยลดปริมาตรน้ำยาง ซึ่งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและสะดวกต่อการใช้ในงานแปรรูปอื่น ๆ จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นนอกเหนือจากปริมาณผลผลิตยางพาราซึ่งเป็นผลผลิตหลักจากการผลิตแล้ว ยังมีน้ำทิ้งและกากตะกอนต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของแข็ง ที่เรียกว่า ตม หรือ กากขี้แป้ง (วราศรี, 2543) กากขี้แป้ง ส่วนมากได้จากการตกตะกอนในขั้นตอนของอุตสาหกรรมน้ำยางธรรมชาติในทางเคมี เรียกว่า ตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต เกิดจากการเติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำยางโดยกำจัดแมกนีเซียมที่มีอยู่เดิม จากการวิเคราะห์เบื้องต้น (Sathyaseelan, 2006) นอกจากนี้ กากขี้แป้ง ยังประกอบ ด้วยสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น พวกฝุ่น ทราย เปลือกไม้ โดยกากขี้แป้ง

เกิดจากส่วนของการตกตะกอนในถังพักน้ำยางสดและจากกระบวนการปั่นน้ำยางสด (วันชัย, 2540) ลักษณะของกากขี้แป้ง เป็นของแข็ง สีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีแมกนีเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (สมทิพย์ และคณะ, 2545) จากนักวิจัยที่ทำการศึกษาคุณลักษณะของกากขี้แป้งและอัตราการเกิดกากขี้แป้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น วราศรี (2543) ทำการวิเคราะห์กากขี้แป้ง พบว่า มีธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 โพแทสเซียมในรูป K_2O แมกนีเซียม และ สังกะสี เฉลี่ยร้อยละ 2.06, 19.60, 1.80, 5.31 และ 1.01 น้ำหนักต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสสูงเช่นเดียวกัน กับการศึกษาของ Sathyaseelan (2006) ที่ศึกษาคุณลักษณะของกากขี้แป้ง พบว่า มีค่ากรด เบสเท่ากับ 6.49 และปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ ฟอสฟอรัสละลายในสารละลายซิเตต และแมกนีเซียม เฉลี่ยร้อยละ 6.05, 35.98, 13.00, 36.00 และ 6.86 น้ำหนักต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และจากการศึกษาการเตรียมปุ๋ยเหลวจากกากขี้แป้งน้ำยางข้นของเสาวนีย์ และคณะ(2547) ก็พบว่า มีธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในรูปP_2O_5 โพแทสเซียมในรูปK_2O แมกนีเซียม สังกะสี และ แคลเซียม เฉลี่ยร้อยละ 3.31, 14.69, 1.01, 12.24, 0.63 และ 0.03 น้ำหนักต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากข้อมูลการสำรวจปริมาณการเกิดกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นของ สมทิพย์ และคณะ (2545) โดยศึกษาอัตราการเกิดกากขี้แป้งต่อน้ำยางข้นที่ผลิตได้ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.60 - 50.00 กิโลกรัมต่อตันน้ำยางข้น และจากการสำรวจโดยศึกษาอัตราการเกิดกากขี้แป้งต่อน้ำยางสดที่รวบรวม พบ กากขี้แป้งเฉลี่ยร้อยละ 9.70 กิโลกรัมต่อตันน้ำยางสด (วราศรี, 2543)

2.1.4 การจัดการกากขี้แป้ง

กากขี้แป้งที่เกิดขึ้นเป็นของเสียที่มีความชื้นสูง ในทางปฏิบัติทางโรงงานจะนำไปทิ้ง ไปถมถนนในโรงงาน ฝังกลบ และบางส่วนก็เผาทิ้ง (วราศรี, 2543) ในปัจจุบันบางโรงงานนำไปเป็นปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน แม้ว่ากากขี้แป้งจะมีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ได้แต่การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งสำหรับเป็นธาตุอาหารพืช พบว่า มีการศึกษาน้อยมาก (วลัยพร, 2547)

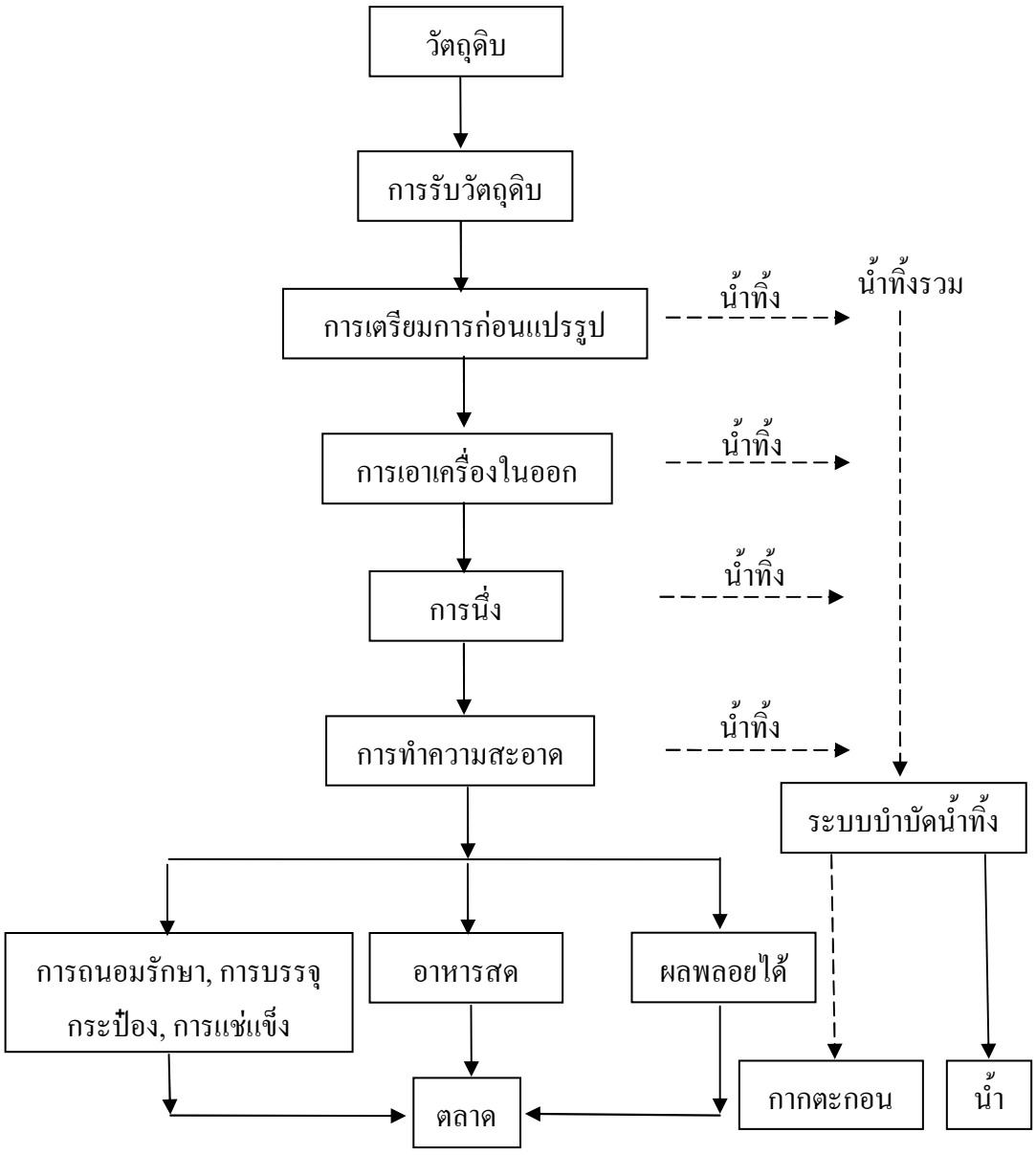
2.2 อุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

การแปรรูปสัตว์น้ำเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ มีมูลค่าการส่งออกสูงถึงหนึ่งแสนล้านบาทในปี พ.ศ.2541 - 2544 และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเป็นเช่นนี้ ปริมาณของวัสดุเศษเหลือของโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โรงงานผลิตปลากระป๋องในประเทศไทยมีจำนวน 61 โรงงาน ในปี พ.ศ.2540 โดยตั้งอยู่ในภาคกลางจำนวน 50 โรงงาน และที่เหลืออีก 11 โรงงานตั้งอยู่ในภาคใต้ โรงงานขนาดใหญ่ที่สุดของไทยซึ่งเป็นอันดับสองของโลกมีกำลังการผลิตเฉลี่ย 450 ตันต่อวัน (สุริยา และคณะ, 2542) โดยทั่วไปวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 30 ถึง 85 ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบและกรรมวิธีในการผลิต ตัวอย่างเช่น การแล่เป็นชิ้นเนื้อปลาจะมีวัสดุเศษเหลือร้อยละ 30 ถึง 60 ส่วนการแปรรูปกุ้งมีปริมาณร้อยละ 40 ถึง 80 ขึ้นกับว่ากุ้งมีการตัดหัวมาก่อนเหลือไม่ การแปรรูปปูมีปริมาณวัสดุเศษเหลือร้อยละ 75 ถึง 85 ซึ่งสูงมาก (Middlebrook, 1979) ส่วนการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง มีวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 ของวัตถุดิบ และวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวร้อยละ 30 ถึง 35 (Prasertsan และคณะ, 1988) ทั้งนี้ น้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ จะประกอบด้วยของแข็งและของเหลว เช่นกัน โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำส่วนใหญ่เป็นเลือด น้ำมัน ไขมัน และโปรตีน ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นกับวัตถุดิบ ขนาดโรงงานและกรรมวิธีการผลิต (ณัชพล, 2538) น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ของการผลิต เมื่อย่อยสลายแล้วจะส่งกลิ่นเหม็น ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องบำบัดก่อนปล่อยออกสู่ชุมชน ในขั้นตอนของการบำบัดแต่ละโรงงานก็มีระบบบำบัดที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์และปริมาณการผลิต แม้ว่ากระบวนการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำจะมีหลายรูปแบบแต่มักมีขั้นตอนเร่งการตกตะกอน (สุธี, 2544) จากการสำรวจข้อมูล สัญชัย (2539) พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารทะเลแช่แข็งที่มีกำลังการผลิตวัตถุดิบ 40 ตันต่อวัน จะปล่อยน้ำทิ้งซึ่งมีค่าบีโอดีในช่วง 1000 - 5000 มิลลิกรัมต่อลิตรประมาณ 800 - 1000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อน้ำทิ้งดังกล่าว ผ่านกระบวนการบำบัดจะเกิดตะกอนสดประมาณ 3 - 4 ตันต่อวัน กากตะกอนที่ได้มีธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยจากข้อมูลการศึกษากากตะกอนที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง แสดงให้เห็นว่าตะกอนมีส่วนประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และไขมันร้อยละ 8.50, 1.94, 1.38 และ 6.15 ของน้ำหนัก ต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (สุธี, 2544) และจากการศึกษาของอุดมศักดิ์ (2540) ก็พบว่า กากตะกอนแปรรูปสัตว์น้ำมีธาตุอาหารพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ร้อยละ 5.64, 2.52 และ 0.78 ของน้ำหนัก ต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เช่นกัน Cecill และTester (1990) กล่าวว่า กากตะกอนของเสียที่มีการย่อยสมบูรณ์แล้วเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุ ที่ให้ธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม และธาตุรอง

เช่น สังกะสี ทองแดงและแมงกานีส ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นและสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และจากการศึกษาของTsadilas และคณะ (1995) พบว่า การใส่กากตะกอนของเสียที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นกากตะกอนของเสียที่บำบัดเป็นครั้งที่ 2 ลงในดินซึ่งมีค่าความเป็นกรดเบสของดิน 4.86 พบว่า สามารถเพิ่มค่าความเป็นกรด เบสอินทรียวัตถุ ค่าการนำไฟฟ้า และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินดังกล่าวได้

2.2.1 ขั้นตอนกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ

กระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ โดยทั่วไปมีขั้นตอนดังภาพประกอบที่ 2.3 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนแปรรูป ได้แก่ การทำให้ปลาแช่แข็งอ่อนตัว (thaw) การปอกเปลือก หรือการตัดหัวกุ้ง การล้าง แกะปู การตัดหัวและหางปลา ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ หนัง ก้าง เปลือก เหงือก และส่วนอื่น ๆ หลุดออกหรือลอกได้ง่ายขึ้น การนึ่งปลาซาร์ดีนหรือปลาหลังเขียวยังมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดไขมันออก และนอกจากนี้ ในขั้นตอนกระบวนการแปรรูปยังมีวัสดุเศษเหลือในรูปของเหลว เช่น น้ำนึ่งปลา น้ำล้างปลาในขั้นตอนการทำความสะอาด เป็นต้น (พูนสุข, 2542)

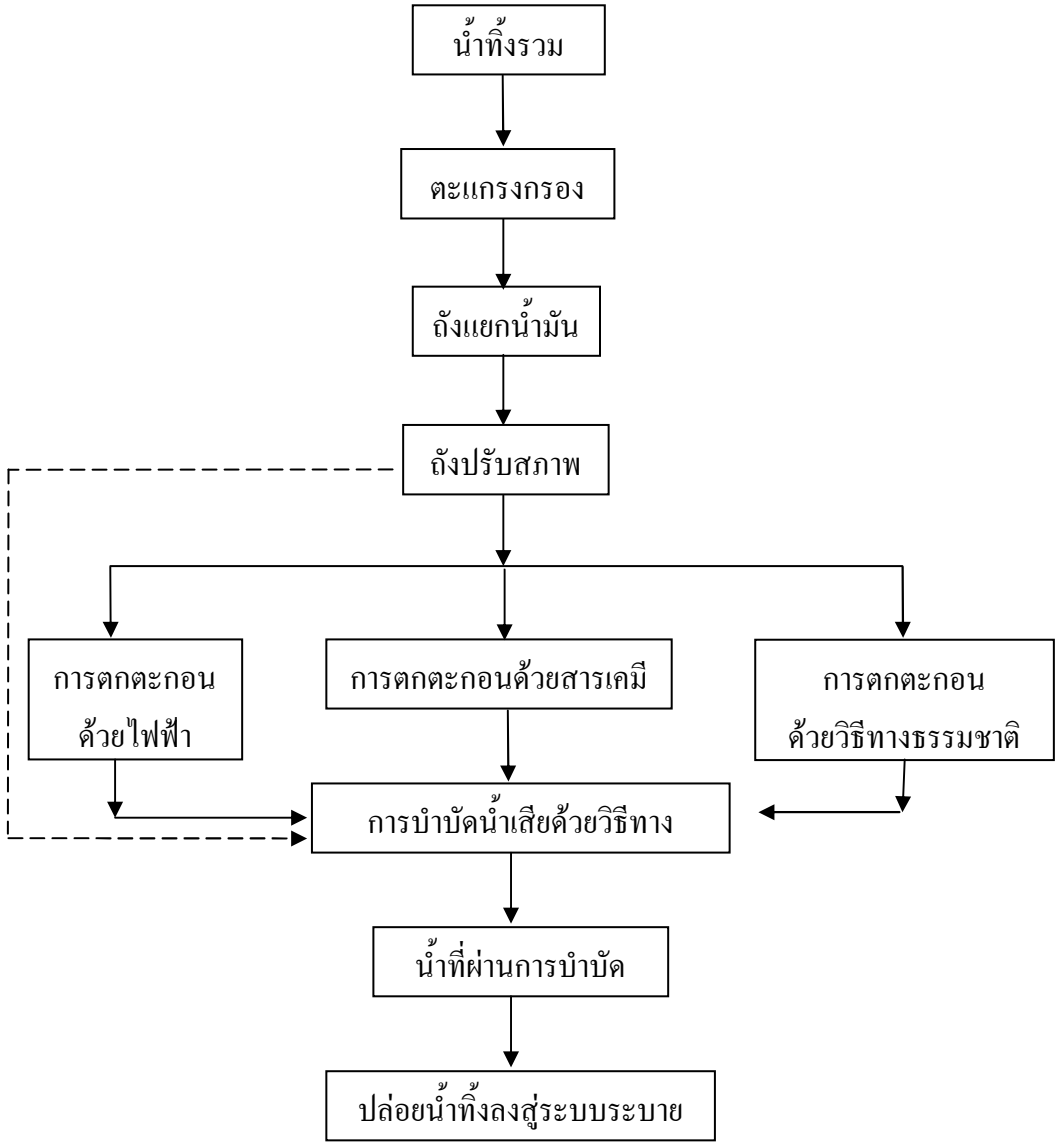


ภาพประกอบที่ 2.3 กระบวนการแปรรูปอาหารทะเล
(ดัดแปลงจาก Middlebrooks, 1979)

2.2.2 ขั้นตอนกระบวนบำบัดน้ำทิ้ง

อุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำในกระบวนการผลิตใช้น้ำค่อนข้างมาก ทำให้น้ำทิ้งที่ออกมามีมากด้วย ซึ่งน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปมีการจัดการ ดังภาพประกอบที่ 2.4 คือ น้ำทิ้งจากกระบวนการต่าง ที่ไหลรวมกันจะถูกบำบัดขั้นต้น โดยการกรองผ่านตะแกรง เพื่อกำจัดตะกอนขนาดใหญ่และเข้าถังพัก เพื่อแยกน้ำมันที่มีลักษณะเป็นน้ำมันอิสระออก น้ำทิ้งที่ผ่านการ

แยกน้ำมันอิสระจะเข้าถังปรับคุณภาพ ก่อนบำบัดขั้นต้น โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง แบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีที่หนึ่ง น้ำทิ้งมีความเข้มข้นต่ำ คือ มีความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ในรูป Biological oxygen demand (BOD) น้อยกว่า 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากที่น้ำทิ้งได้รับการบำบัดขั้นต้นแล้วจะผ่านเข้าสู่การบำบัดโดยวิธีทางชีววิทยา ตามเส้นประดังภาพประกอบที่ 1.3 กรณีที่สอง น้ำทิ้งมีความเข้มข้นสูง คือ มีความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ในรูป Biological oxygen demand (BOD) มากกว่า 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร การบำบัดเหมือนกรณีแรกโดยหลังจากที่น้ำทิ้งได้รับการบำบัดขั้นต้นแล้ว จะถูกบำบัดในขั้นต่อไปโดยการตกตะกอนด้วยวิธีต่าง ๆ ก่อนที่จะถูกบำบัดต่อโดยวิธีทางชีวภาพ (ขนิษฐา, 2541)



ภาพประกอบที่ 2.4 การบำบัดน้ำทิ้งจากระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ (ขนิษฐา, 2541)

จากภาพประกอบที่ 2.4 เห็นได้ว่าในการบำบัดน้ำทิ้งทั้งสองกรณี จะบำบัดขั้นสุดท้ายด้วยวิธีทางชีวภาพ ซึ่งส่วนใหญ่จะบำบัดด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ แล้วจึงบำบัดขั้นสุดท้ายด้วยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศ

2.2.3 การจัดการกากตะกอนแปรรูปสัตว์น้ำ

วิธีการดั้งเดิมในการกำจัดวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปอาหารทะเล คือ การนำไปทิ้งทะเล นำไปฝังกลบ ถมที่ดิน เป็นการสูญเสียสิ่งที่ควรนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งยังเป็นการเพิ่มต้นทุนในแง่แรงงานและพลังงาน เนื่องจาก ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งนำไปทิ้ง ปัจจุบันจากสภาวะเศรษฐกิจและปัญหาเรื่องมลภาวะ ทำให้มีการนำเอาวัสดุเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ เพิ่มมูลค่าโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่ามากขึ้น (พูนสุข, 2542)

2.3 อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม

อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว จากข้อมูลทุติยภูมิพบว่าในประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทั้งสิ้น 49 โรงงาน โดยเป็นโรงงานแบบมาตรฐาน 17 โรงงานที่สกัดน้ำมันโดยนึ่งผลปาล์มด้วยไอน้ำ และ แยกเมล็ดในปาล์มออก แล้วสกัดน้ำมันจากส่วนเปลือก มีกำลังการผลิตรวมมากกว่าร้อยละ 60 ของกำลังการผลิตทั้งหมด ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของกำลังการผลิตต่อชั่วโมงนั้นจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลของผลผลิตจากสวนปาล์มและขนาดของโรงงาน สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ มีหลายแบบ อาจแบ่งง่าย ๆ เป็น 2 ประเภท คือ การผลิตแบบมาตรฐานหรือแบบใช้น้ำ ซึ่งมีทั้งระบบที่ใช้เครื่องแยกน้ำมันแบบดีแคนเตอร์ และแบบ separator และการผลิตแบบไม่ใช้น้ำหรือแบบแห้ง ในการอบทะลายหรือผลปาล์ม เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ไลเปสของผลปาล์มที่จะเปลี่ยนน้ำมันเป็นกรดไขมันอิสระ ทำให้วัตถุดิบและน้ำมันที่ได้มีคุณภาพด้อยลง จากกระบวนการผลิตเหล่านี้ ก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือจำนวนมาก ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า (empty bunches) เส้นใยปาล์ม (pericarp fiber) กะลาผลปาล์ม (palm shell) กากเนื้อผลปาล์ม (palm kernel cake) หรือกากดีแคนเตอร์ หรือเค้ก ซึ่งพบร้อยละ 20.00, 11.00, 6.00 และ 4.00 ของทะลายปาล์มสด ตามลำดับ และน้ำทิ้ง (palm oil mill effluent, POME) ซึ่งความแตกต่างของวัสดุเศษเหลือจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบ (Fries, 1990)

2.3.1 แหล่งผลิตปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งเหมาะสมกับภาพอากาศร้อนชื้น จัดอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ดังนั้น ปาล์มน้ำมันจึงเจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศไทย

บริเวณพื้นที่ที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด คือจังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูลและตรัง โดยจังหวัดกระบี่ ปลูกมากที่สุดจำนวน 537,637 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.40 และรองลงมาได้แก่จังหวัดสุราษฎร์ธานี 405,213 ไร่ และจังหวัดชุมพร 216,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.70 และ 15.89 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลตอบแทนการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น เช่น ยางพารา และการทำนาข้าว จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกประกอบกับมีโครงการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกปาล์มทั่วประเทศ คาดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันปาล์มภายในเพิ่มขึ้นมากทั้งนี้เพราะราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้ความแตกต่างของราคาภายในและภายนอกประเทศไม่จูงใจให้มีการลักลอบนำเข้ามา การบริโภคทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงเช่นกัน โดยในปี 2539 ส่วนแบ่งของน้ำมันปาล์มต่อการบริโภครวมของโลกเท่ากับร้อยละ 15.42 เพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 17.81, 22.00 และ 25.39 ในปี 2543, 2553 และ 2563 ตามลำดับ

ในด้านการผลิต ในปี 2540 ปาล์มน้ำมันมีเนื้อที่ให้ผลผลิต 1,047,612 ไร่ผลผลิตปาล์มปาล์มสดทั้งทะลาย 2.78 ล้านตัน ส่วนปี 2541 คาดว่าพื้นที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 60,000 ไร่ เป็นพื้นที่ให้ผลผลิต 1,109,245 ไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 2,794,367 ตัน ผลผลิตปาล์มน้ำมันดังกล่าวสามารถผลิตเป็นน้ำมันปาล์มได้ประมาณ 475,042 - 530,929 ตัน (คิดที่อัตราแปลงร้อยละ 17 - 19) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ปลูกมากในจังหวัดภาคใต้ของไทย ซึ่งถือว่าเป็นเขตเศรษฐกิจปาล์มน้ำมัน ได้แก่ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล ตรัง ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง นครศรีธรรมราช สงขลา และพังงา โดยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งสิ้น ประมาณ 1,364,332 ไร่ (สมพงษ์, 2549)

2.3.2 ความต้องการใช้น้ำมันปาล์ม

ปริมาณการบริโภคและความต้องการใช้น้ำมันปาล์มภายในประเทศจะกระจายไปยังผู้ใช้ระดับต่าง ๆ คือ การบริโภคโดยตรงในรูปน้ำมันพืชสำหรับปรุงอาหารประมาณร้อยละ 65 ของการผลิตทั้งหมดและอีกประมาณร้อยละ 35 จะใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสบู่ อุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยา อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักรในอุตสาหกรรมสิ่งทอและถลุงแร่ เป็นต้น โดยในปี 2540 คาดว่าจะมีความต้องการใช้น้ำมันปาล์มดิบประมาณ 530,000 ตัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ และอยู่ในอัตราเพิ่มที่สูง เนื่องจากน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันพืชที่ราคาถูกกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ และสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายทั้งอุตสาหกรรมบริโภคและอุปโภค จึงได้มีการนำน้ำมันปาล์มไปใช้ทดแทนน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ทดแทนกันได้ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับราคาในตลาดโลกที่สูงขึ้นทำให้ความแตกต่างของราคาภายในและภายนอกประเทศไม่จูงใจให้มีการลักลอบนำเข้าความต้องการใช้น้ำมันปาล์มในประเทศจึงมากขึ้น (สมพงษ์, 2549)

2.3.3 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

กระบวนการผลิตน้ำมัน มีหลายรูปแบบ ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ เริ่มตั้งแต่การรับวัตถุดิบ การสกัด และทำให้บริสุทธิ์จนบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้นั้น ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ (Middlebrooks, 1979) ดังต่อไปนี้ การรับและเก็บรักษาวัตถุดิบ การสกัดน้ำมัน การทำให้บริสุทธิ์ และการฟอกสี การเติมไฮโดรเจน หรือกระบวนการไฮโดรจีเนชั่น การกำจัดกลิ่น การแยกไขมัน เอสเทอริฟิเคชั่น และอินเตอร์เอสเทอริฟิเคชั่น การทำสบู่ การแยกส่วนไขมันและกรดไขมัน การทำให้เป็นโพลิเมอร์ ไฮโซเมอไรเซชั่น และการทำให้เป็นอิมัลชั่น และในส่วนของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สรุปได้ดังนี้ คือ

1. อบไอน้ำทะลายปาล์มสด ใช้เวลาประมาณ 40 ถึง 70 นาที

2. นำทะลายปาล์มที่อบแล้วส่งเข้าเครื่องนวด เพื่อทำให้ปาล์มหลุดออกจากทะลายปาล์มเปล่า ทะลายปาล์มเปล่าที่แยกออกไปนี้ โดยทั่วไปมีปริมาณร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

3. ผลปาล์มที่ถูกปลิดออกจากทะลายแล้ว จะถูกส่งไปยังเครื่องย่อยบด ซึ่งทำหน้าที่ย่อยเปลือกออกจากเมล็ด ในส่วนนี้มีเมล็ด เปลือก และน้ำมันดิบเกิดขึ้น เมล็ดในของปาล์มจะถูกแยกออก และผ่านกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้ เมล็ดในถูกส่งเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ด (nut crasher) เพื่อแยกชั้นของกะลาออกจากส่วนของเนื้อใน (kernel) เนื้อในปาล์มจะถูกส่งไปยังเครื่องทำให้แห้ง แล้วหลังจากนั้นถูกส่งไปเก็บไว้ที่เก็บกาก สำหรับน้ำมันที่เกิดขึ้นจะไปสู่กระบวนการสกัด ส่วนกะลาเปล่าจะถูกแยกออกจากส่วนของเนื้อในโดยเครื่องแยก และถูกส่งไปที่เตาเผาหรือหม้อต้มน้ำ ขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มในกระบวนการผลิตแบบใช้น้ำที่มีการใช้เครื่องสกัดแยกน้ำมัน (ดังภาพประกอบที่ 2.5)

ภาพประกอบที่ 2.5 กระบานการผลิตน้ำมันปาล์ม (ดัดแปลงจากพูนสุข และคณะ, 2533)

2.3.4 กากดีแคนเตอร์

กากดีแคนเตอร์ หรือเค้ก เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ซึ่งมาจากส่วนของเนื้อผลปาล์มมีน้ำมันอยู่ร้อยละ 50 เมื่อสกัดน้ำมันจะเกิดกาก ซึ่งเรียกว่า กากดีแคนเตอร์ ซึ่งมี คาร์โบไฮเดรตและ โปรตีน อยู่ร้อยละ 48.00 และ 19.00 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Onwueme and Sinha, 1991) จากการศึกษาคุณลักษณะที่สำคัญของกากดีแคนเตอร์ Kolade และคณะ (2006) พบว่า กากตะกอนดีแคนเตอร์มีปริมาณ ความชื้น คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในอัตราส่วนร้อยละ 58.92, 96.21, 2.88, 0.60 และ 0.19 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ (Sue, 2006) พบ แร่ธาตุที่มีอยู่ในกากดีแคนเตอร์ คือ แคลเซียม

ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ร้อยละ 0.29, 0.79 และ 0.27 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และพบปริมาณ เหล็ก ทองแดง สังกะสี และ แมกนีเซียม 4.05, 28.50, 77.00 และ 225.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากวัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้เชื้อปุ๋ยหมักเป็นตัวเร่ง มีส่วนผสมระหว่างกากปาล์มกับวัสดุเศษเหลืออื่น ๆ เพื่อหาค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน บรรเจิด (2542) พบว่า หลังการหมัก 50 วัน ปุ๋ยทีมีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 20 (ค่ามาตรฐาน) และเป็นปุ๋ยหมักทีมีคุณสมบัติดี คือ ปุ๋ยหมักที่ประกอบด้วยกากปาล์มผสมหญ้าขน และจากการศึกษาก็พบว่าปุ๋ยทุกกองสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

2.3.5 การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

โดยทั่วไปส่วนมากวัสดุเศษเหลือจากโรงงานน้ำมันปาล์ม จะใช้เตรียมเป็นอาหารสัตว์ มีการทดลองใช้กากปาล์มแทนข้าวโพด ใช้แทนในปริมาณร้อยละ 50 ในอาหารใช้เลี้ยงวัว พบว่าน้ำหนักวัวเพิ่มสูงขึ้นกว่าในชุดควบคุมซึ่งให้อาหารปกติ โดยเพิ่มเป็น 660 กรัม ต่อวัน ในขณะที่ชุดควบคุมเพิ่มเพียง 550 กรัมต่อวัน (Tinnimit, 1985) และมีการนำน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มไปใช้เป็นปุ๋ย เนื่องจากมีธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูง (Ma และคณะ, 1987) ส่วนกากดีแคนเตอร์ที่ได้จากการแยกของเครื่องดีแคนเตอร์ ระหว่างการผลิตสามารถใช้เป็นปุ๋ยได้ (พูนสุข และคณะ, 2533)

2.4 วัสดุปลูก (Growing media หรือ planting media)

วัสดุปลูก หมายถึง วัตถุต่าง ๆ ที่เลือกสรรมาเพื่อใช้ปลูกพืชและทำให้ลำต้นพืชเจริญเติบโตเป็นปกติ วัสดุอาจเป็นชนิดเดียวกัน หรือหลายชนิดผสมกัน ชนิดของวัสดุปลูกอาจเป็นอินทรียวัตถุหรืออนินทรีย์วัตถุก็ได้ โดยทั่วไปวัสดุปลูกมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช 4 ประการ คือ ค้ำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือวัสดุปลูกให้ตั้งตรงอยู่ได้ เก็บสำรองธาตุอาหารพืช กักเก็บน้ำเพื่อประโยชน์ต่อพืช และแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างพืชกับบรรยากาศ (พงศ์เทพ, 2549) วัสดุปลูกเป็นที่อยู่ของรากพืช ซึ่งจะอยู่รวมกับสารละลายธาตุอาหาร และอากาศ วัสดุปลูกต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช วัสดุปลูกเป็นวัสดุที่เตรียมขึ้นเพื่อการปลูกพืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ วัสดุปลูกผสมดิน (Soil based media) มีดินเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งทำหน้าที่หลักในการดูดซับความชื้นและเป็นแหล่งธาตุอาหารมีวัสดุอื่นผสมเพื่อให้มีการระบายน้ำ และถ่ายเทอากาศเหมาะสม ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วน และ วัสดุปลูกที่ไม่มีดินผสมใช้วัสดุอื่น ๆ ผสมโดยไม่ใช้ดิน (อิทธิสุนทร, 2547) วัสดุปลูกควรเป็นวัสดุที่สามารถดูดยึดรวมกับน้ำ เคลื่อนย้ายความชื้น ถ่ายเทธาตุอาหาร และสามารถแพร่กระจายสารละลายธาตุอาหารไปทั่ว

บริเวณวัสดุปลูกได้ดี (Edward, 1992) วัสดุที่นำมาทำเป็นวัสดุปลูกควรคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ซึ่งต้องมีความแข็งแรง คงอยู่นาน และวัสดุที่สลายตัวง่ายไม่ควรนำมาใช้ เพราะปริมาตรวัสดุปลูกจะลดลง ส่งผลถึงการอัดแน่นการระบายอากาศในวัสดุปลูกลดลง ในประเภทระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยทั่วไปสามารถจำแนกได้ 3 ระบบ ดังนี้

1) ระบบปลูกพืชในวัสดุปลูก หรือวัสดุผสม เป็นการปลูกพืชลงในวัสดุที่เป็นของแข็งสำหรับไว้ให้รากพืชยึดและค้ำจุน วัสดุปลูกที่มีการใช้กัน เช่น ทราย กรวด เวอร์มิคิวไลท์ ขี้เลื่อย พีทมอส และเปลือกไม้ (พรชัย และวิบูลย์, 2531; Doulas, 1985; Jones, 1990)

2) ระบบการปลูกพืชในสารละลาย เป็นการปลูกพืชโดยให้รากพืชเจริญเติบโตในสารละลายธาตุอาหารและไม่มีวัสดุปลูกแต่มีวัสดุสำหรับค้ำต้นพืช วิธีการปลูกพืชแบบนี้มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การปลูกพืชแบบน้ำไหล การปลูกพืชแบบรากแขวนลอยอยู่ในอากาศ (ทัศนีย์ และสรสิทธิ์, 2531; Jones, 1990)

3) ระบบการปลูกพืชแบบอื่น ๆ เป็นระบบการปลูกพืชที่ไม่จัดไว้ในระบบดังกล่าว เช่น การปลูกหญ้าอาหารสัตว์แบบใช้ถาดเป็นชั้น ๆ ซึ่งเป็นวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารซึมผ่านด้านล่างขึ้นมาสู่ด้านบน โดยวัสดุปลูกที่ใช้เป็นทรายผสมกับพีท (Doulas, 1985)

2.4.1 คุณสมบัติของวัสดุปลูก

คุณสมบัติของวัสดุปลูกสามารถแบ่งออกได้เป็นทางกายภาพและทางเคมี ดังนี้

2.4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ

1) ความคงทนของวัสดุปลูก ควรเป็นวัสดุปลูกที่มีการยุบตัวน้อย วัสดุปลูกที่เป็นอินทรียวัตถุมักจะย่อยสลายเร็ว วิทยา (2524) อ้างโดย เรวัตร (2546) กล่าวว่า ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความคงทนของวัสดุปลูกอินทรีย์ คือ วัสดุปลูกอินทรีย์นั้นต้องผุเปื่อยได้ช้า

2) การระบายอากาศและการเก็บความชื้น การระบายอากาศเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุปลูก เนื่องจากรากพืชจะเจริญได้ดีเมื่อมีการระบายอากาศดี มีระดับความชื้นและธาตุอาหารเพียงพอ การกระจายของช่องว่างมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในวัสดุปลูกที่ดูดยึดไว้ได้ (Brown และ Pokomy, 1975) วัสดุปลูกที่เหมาะสมควรมีช่องว่างอากาศร้อยละ 10 ถึง 20 และน้ำร้อยละ 30 ถึง 50 (Criley และ Watanabe, 1974) ถ้าหากช่องอากาศมากกว่าร้อยละ 35 ปริมาณน้ำในวัสดุปลูกจะลดลงจนพืชขาดน้ำได้ง่าย (Self, 1976)

3) ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูก มีผลโดยตรงต่อการยึดของรากพืช และทำให้พืชปลูกยืนต้นได้ ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.00 ถึง 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร วัสดุปลูก

ที่มีความหนาแน่นต่ำ เมื่อนำไปปลูกพืชมักล้ม แต่ข้อดี น้ำหนักเบาสะดวกในการขนส่ง (วิทยา, 2524 อ้างโดย ศุภชัย, 2544)

4) ความหนาแน่นอนุภาควัสดุปลูก หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลของดินหรือวัสดุปลูกขณะที่แห้งสนิทกับปริมาตรของอนุภาค (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535 อ้างโดย ศุภชัย, 2544) ความหนาแน่นอนุภาค เป็นสมบัติส่วนที่เป็นของแข็งของดินหรือวัสดุปลูก ซึ่งเป็นส่วนผสมของอินทรียวัตถุและอนินทรีย์วัตถุต่าง ๆ สารแต่ละชนิดมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน การทราบถึงค่าความหนาแน่นอนุภาคเป็นแนวทางบ่งชี้อินทรียวัตถุในดินหรือวัสดุปลูก ถ้ามีความหนาแน่นอนุภาคต่ำอินทรียวัตถุมีมาก เป็นต้น นอกจากนี้ ค่าความหนาแน่นอนุภาคใช้ในการคำนวณความพรุนทั้งหมดของดินหรือวัสดุปลูก (ศุภชัย, 2544)

2.4.1.2 คุณสมบัติทางเคมี แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ

1) ค่าความเป็นกรด เบส ของวัสดุปลูก ทัศนีย์และคณะ (2537) พบว่า ค่าความเป็นกรด เบส ของวัสดุปลูกไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช และควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในวัสดุปลูกพืช ระดับค่าความเป็นกรด เบสที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงที่เป็นกรดเล็กน้อย คือ 5.50 ถึง 6.50 (White, 1974; วิทยา, 2524 อ้างโดย ศุภชัย, 2544) และจากการศึกษาของ Self (1976) พบว่า พืชสามารถทนสภาพความเป็นกรดเบสของวัสดุปลูกที่สูงหรือต่ำกว่าจุดที่เหมาะสมได้ หากระดับแคลเซียมและธาตุอาหารอื่น ๆ มีอยู่เพียงพอ แต่ถ้าระดับความเป็นกรด เบส ของวัสดุปลูกสูงหรือต่ำเกินไป อลูมิเนียมและแมงกานีสจะละลายออกมาจนเป็นพิษต่อพืชถ้ามีการให้ในปริมาณที่สูง

2) ค่าการนำไฟฟ้าที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้าทีเหมาะสมสำหรับพืชปลูกส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1.50 ถึง 3.00 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร (Benoit, 1992 อ้างโดย ศุภชัย, 2544) หากค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่านี้อาจเป็นอันตรายต่อพืช แก้ไขโดยเจือจางสารละลายน้ำหรือใช้น้ำชะล้างวัสดุปลูกเพื่อให้ค่าการนำไฟฟ้าต่ำลง (Rhoades, 1982)

2.4.2 ชนิดของวัสดุปลูก

ชนิดของวัสดุปลูกสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.4.2.1 วัสดุปลูกที่พบในธรรมชาติเป็นอนินทรียสาร

1) ทราย (Sand) ที่ใช้เป็นวัสดุปลูกพืชสวน ควรมีขนาดของทรายมักใช้ตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.50 มิลลิเมตร เนื่องจากมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศ ข้อดีของทราย คือ มีราคาถูก หาง่าย ใช้งานได้นาน ส่วนข้อเสีย คือ เป็นวัสดุที่ไม่อุ้มน้ำและไม่มีการเก็บกักธาตุอาหาร

(วิทยา, 2523; Bunt, 1976 อ้างโดย เรวัตร, 2546) สนั่น (2522) กล่าวว่า ทรายที่ใช้เป็นวัสดุปลูกมีอยู่ 2 ชนิด คือ ทรายที่ใช้ก่อสร้าง มีขนาดเม็ดโต หยาบ เหมาะที่จะใช้ระบายน้ำแต่ไม่มีธาตุอาหาร จึงมักใช้เป็นวัสดุผสมกับดินหรือเป็นวัสดุสำหรับปักชำ และทรายละเอียดหรือทรายถมที่หรือทรายขี้เป็ดมีลักษณะคล้ำ เม็ดละเอียด ทรายชนิดนี้มีตะกอนปนอยู่ อาจใช้ปลูกพืชได้ แต่ต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น เช่น การนำไปผสมกับวัสดุอินทรีย์อื่น จากการทดลองของ พิศมัย (2534) พบว่าเมื่อนำแกลบมาผสมกับทรายในอัตราส่วน 3 ต่อ1 มีผลทำให้ความหนาแน่นของวัสดุปลูกต่ำกว่าวัสดุปลูกที่นำแกลบผสมทรายในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 และมีการระบายอากาศที่ดีกว่า ลดการระเหยของน้ำได้ดีกว่า ความหนาแน่นของวัสดุปลูก โดยทั่วไปควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.64 ถึง 1.20 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทรายที่นำมาใช้ควรปราศจากสารพิษไม่มีปฏิกิริยาทางชีวเคมีการเลือกใช้ขนาดของทรายมีผลต่อวัสดุปลูกเช่นกัน โดยที่การใช้ทรายเม็ดใหญ่เกินไปอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการที่วัสดุปลูกแห้งเร็วทำให้พืชเหี่ยวเฉาง่าย แต่ถ้าวัสดุปลูกใช้ทรายขนาดเม็ดเล็กละเอียดมาก เม็ดทรายอาจหล่นลงมาอุดตันช่องระบายน้ำ ทำให้วัสดุมีการระบายน้ำและการระบายอากาศที่ไม่ดี มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นขนาดของทรายที่เหมาะสมที่สุดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 0.60 ถึง 2.50 มิลลิเมตรทรายหยาบไม่มีปัญหาต่อช่องอากาศ ขณะที่ทรายละเอียดมีผลทำให้ช่องว่างอากาศลดลง ทำให้ทรายหยาบมีน้ำที่เป็นประโยชน์ได้น้อยกว่าทรายละเอียด ทรายมีความหนาแน่นรวม 1.92 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีช่องว่างทั้งหมดร้อยละ 36.00 โดยปริมาตร ช่องอากาศร้อยละ 9.40 โดยปริมาตร และความจุในการดูดยึดน้ำไว้ได้ ร้อยละ26.60 โดยปริมาตร (วิจิตร์, 2535)

2) เม็ดดินเผา (Expanded clay) มาจากการเผาเม็ดดินเหนียวที่อุณหภูมิสูง (1,100 องศาเซลเซียส) คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์มีค่ากรด เบส 5 ถึง 7 การอุ้มน้ำร้อยละ 14.70 ถึง 16.50 โดยน้ำหนัก ความพรุนดี ความคงทนของโครงสร้างดีมาก ลักษณะการนำไปใช้ จะใช้เป็นวัสดุปลูก อายุการใช้งานหลายปี ข้อดี คือ มีการระบายอากาศดีมาก ราคาถูกถ้าอยู่ใกล้แหล่งผลิต ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง ทำการฆ่าเชื้อโรคและแมลงได้ง่าย และ อายุการใช้งานนาน ข้อเสีย คือ อุ้มน้ำได้น้อยมีน้ำหนักมาก (อิทธิสุนทร, 2547)

3) ใยหิน (Rock wool) ทำมาจาก diabas coke และหินปูน โดยนำวัสดุเหล่านี้มาละลายที่อุณหภูมิ 1500 - 2000 องศาเซลเซียส แล้วทำเส้นใยม้วนและทำให้เป็นแผ่นแข็งด้วย phenolic resin และ wetting agent องค์ประกอบของใยหินประกอบด้วย SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO และ Fe ใยหินเป็นวัสดุที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำ ประกอบด้วย diabas coke ร้อยละ 60 หินปูน และถ่านหินอย่างละประมาณ ร้อยละ 20 เป็นวัสดุที่สะอาด สามารถดูดซับน้ำได้ดี ปราศจากเชื้อโรค มีปริมาณช่องว่างร้อยละ 97 มีสภาพเป็นเบสเล็กน้อยและเป็นสารเฉื่อย มีการปลดปล่อยธาตุ Ca, Mg และ Na เล็กน้อย (ทัศนีย์ และ สรสิทธิ์, 2532) องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่มักเป็น Al Silicate นิยมใช้กับระบบ

NFT ความสามารถในการเก็บกักน้ำมีค่าอยู่ที่ 0.57, 1.05, และ 1.52 ซึ่งเท่ากับร้อยละ 90.80, 38.60 และ 2.20 โดยปริมาตร การใช้ใยหินเป็นวัสดุปลูกสำหรับแตงกวา ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีในประเทศเนเธอร์แลน

4) เพอไลท์ (Perlite) เป็นวัสดุปลูกที่ได้จากหินภูเขาไฟ นำหินมาเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์มีค่ากรด เบส 7.00 ถึง 7.20 การอุ้มน้ำ 250 ถึง 300 ลิตรน้ำต่อเพอไลท์ 1 ลูกบาศก์เมตร ความพรุน ร้อยละ 97 ปริมาณอากาศหลังจากทำให้ชุ่มน้ำและปล่อยให้น้ำส่วนเกินไหลออกร้อยละ 56.8 ลักษณะการนำไปใช้ เป็นวัสดุเพาะชำ ข้อดี น้ำหนักเบา ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง สามารถอุ้มน้ำได้ดี ข้อเสีย สามารถสลายตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กและเกิดการอัดตัวกันแน่น (Morrison และคณะ, 1960 ; อิทธิสุนทร, 2547)

5) เวอร์มิคิวไลท์ (Vermiculite) เป็นแร่ที่พบในธรรมชาติ (Aluminiumiron - magnesium silicate) ลักษณะเป็นแผ่นซ้อนกันเป็นรูปร่างคล้ายรังผึ้ง มีช่องว่างมาก รูพรุนคล้ายฟองน้ำ วัสดุปลูกของพืชสวนแบ่งเวอร์มิคิวไลท์ออกเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กมากใช้สำหรับเพาะเมล็ด และขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25 นิ้ว ใช้สำหรับปลูกพืชที่ต้องการการถ่ายเทอากาศดี ไม่มีธาตุไนโตรเจน แต่มีธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ ประมาณร้อยละ 5.00 ถึง 8.00 แมกนีเซียมร้อยละ 9.00 ถึง12.00 (สมเพียร, 2526 อ้างโดย เรวัตร, 2546) มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารไว้ได้สูง เมื่อใช้ไปนาน ๆ ลักษณะที่เป็นรูพรุนจะหมดไป ซึ่งอาจแก้ไขโดยการผสมกับพวกพีทหรือเพอไลท์ เวอร์มิคิวไลท์ ที่ใช้กันมีอยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นกรดเล็กน้อยกับกลุ่มที่เป็นเบสเล็กน้อย เนื่องจากมีปูนและ แมกนีเซียมอยู่ โดยทั้ง 2 กลุ่มมีค่ากรด เบส อยู่ในช่วง 6.00 ถึง 8.00 เมื่อให้ความร้อนแก่เวอร์มิคิวไลท์ 1000 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้น 20 เท่า เวอร์มิคิวไลท์มีน้ำหนักเบา 70 ถึง 110 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เวอร์มิคิวไลท์ไม่ดูดซับไอออน Cl^-, NO_3^-, และ SO_4^{2-} (Bunt, 1976 อ้างโดย เรวัตร, 2546)

2.4.2.2 วัสดุปลูกที่พบในธรรมชาติเป็นอินทรียสาร

สารอินทรีย์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็นผลพลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิด ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้ เช่น ขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าวจากโรงงานทำเบาะและที่นอน ชานอ้อย และกากตะกอนกรอง (Filter cake) จากโรงงานน้ำตาล แกลบ และขี้เถ้าแกลบจากโรงสีข้าว เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้ได้มีผู้มาทดลองใช้เป็นวัสดุปลูกอย่างได้ผลมาแล้ว

1) พีท (Peat) เกิดจากการเน่าเปื่อยพังทับถมกันเป็นเวลาหลายร้อยปีของซากพืชที่ขึ้นอยู่ตามหนองน้ำในบริเวณที่มีฝนตกชุก ความชื้นสูง และมีอากาศเย็นในช่วงฤดูร้อน คุณภาพของพีท

ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพภูมิประเทศ พีทจัดเป็นวัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง แต่มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่ำมาก มีช่องว่างร้อยละ 94.00 ถึง 95.00 การระบายน้ำดี และเก็บความชื้นไว้ได้มาก พีทที่ใช้ในการปลูกพืชส่วนใหญ่เป็นพวกพีทมอส เช่น Irris sphagnum peat เมื่อถูกนำไปทำให้ชื้นและระบายน้ำได้ จะมีช่องอากาศ ร้อยละ17.10 (พิศมัย, 2534) ส่วน Canadian sphagnum peat มีค่ากรด เบส อยู่ในช่วง 2.50 ถึง 5.50 ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.05 ถึง 0.06 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร มีค่าอินทรียวัตถุตั้งแต่ร้อยละ 93.00 ถึง 98.00 ความจุความชื้นร้อยละ 35.00 ถึง 55.00 ซึ่งคุณสมบัติของพีทมอสมีความแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มา (Ocean Agriculture, 2003)

2) ขี้เลื่อย (Saw dust) เป็นเศษเหลือของไม้จากโรงงานแปรรูปไม้ซึ่งก่อนนำมาปลูกพืชควรมีการหมักให้ผุเสียก่อนเพราะขี้เลื่อยที่ใหม่อาจทำให้พืชเกิดการขาดไนโตรเจนค่อนข้างมากและอาจมีสารพิษปลดปล่อยออกมาจากขี้เลื่อย (วิทยา, 2523 อ้างโดย เรวัตร, 2546) ขี้เลื่อยมีความหนาแน่น 0.16 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีช่องว่างทั้งหมดร้อยละ 58.70 ความสามารถในการอุ้มน ้ ารร้อยละ 32.20 หรือขี้เลื่อย 1 ลูกบาศก์เมตร มีความชื้น 210 ลิตร จึงถือได้ว่าขี้เลื่อยมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดีมากจนอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ มีค่าความเป็นกรด เบสอยู่ในช่วง 4.20 ถึง 6.00 การใช้ขี้เลื่อยมาเป็นวัสดุปลูกนั้นต้องมีการเปลี่ยนทุก 1 ถึง 2 ฤดูปลูกเพราะขี้เลื่อยมักอัดตัวกันแน่นและเป็นการหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่เกิดจากเชื้อโรคพืชพวก Pythium และ Pytopthera ข้อดี ของขี้เลื่อยคือมีน้ำหนักเบา ราคาถูก ส่วนข้อเสียคือ การหมักขี้เลื่อยทำให้ต้องเสียเวลาในการสลายตัวก่อนใช้นานถึง 6 เดือน (อภิรักษ์, 2540)

3) แกลบ แหล่งกำเนิด จากโรงสีข้าวมีค่ากรด เบส 6 ถึง 7 อุ้มน้ำได้น้อย ความพรุนสูง อายุการใช้งาน 2 ถึง 3 ครั้ง ข้อดี น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้ ราคาถูก ข้อเสีย มีการระบายน้ำดีเกินไป มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น ยากในการกำจัดโรคและแมลงตาม (อิทธิ สุนทร, 2547) ปกติแล้วไม่ควรใช้แกลบเกินร้อยละ 25 ของปริมาณวัสดุปลูกทั้งหมด เนื่องจากการที่วัสดุปลูกมีแกลบผสมอยู่มาก มีผลทำให้วัสดุอุ้มน้ำได้น้อยลง และอาจเกิดการแยกชั้นระหว่างแกลบกับวัสดุอื่น ทำให้ผิวหน้าของวัสดุปลูกแห้งง่าย (วิทยา, 2523 อ้างโดย เรวัตร, 2546) แกลบ 10 ถึง 15 ตัน จะมีปริมาณไนโตรเจน 37.00 ถึง 56.00 กิโลกรัม โพแทสเซียม 34.00 ถึง 80.00 กิโลกรัม และซิลิกอน 1,150.00 - 1,725.00 กิโลกรัม มีอินทรียวัตถุร้อยละ 34.50 (Su, 1982 อ้างโดย เรวัตร, 2546)

4) ขุยมะพร้าว (Coir dust) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยมะพร้าว หลังจากเอาเส้นใยออกจากกาบมะพร้าวแล้วที่เหลือจะเป็นขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นส่วนของ pith หรือ binding material ส่วนใหญ่ขุยมะพร้าวถูกใช้ในจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านฟิสิกส์ของวัสดุปลูก เพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำและอากาศรวมทั้งการดูดซับน้ำและธาตุอาหาร ขุย

มะพร้าวมีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 0.50 ถึง 2.00 มิลลิเมตร มีค่าการซาบซึมน้ำ 0.15 เซนติเมตรต่อวินาที ช่องว่างส่วนใหญ่มีขนาด 0.0047 ไมครอน ความหนาแน่นรวม 0.06 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นอนุภาค 1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนทั้งหมดร้อยละ 95.53 ช่องว่างของอากาศร้อยละ 4.87 ความชื้นที่เป็นประโยชน์ร้อยละ 35.28 (วิทยา, 2523 อ้างโดย เรวัตร, 2546) มีการอุ้มน้ำที่ดีมาก และมีอายุการใช้งาน 2 ถึง3 ครั้ง ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่ค่อนข้างสะอาด มีความเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.2) องค์ประกอบของขุยมะพร้าวที่ผึ่งในที่ร่มประกอบไปด้วย ไนโตรเจนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และขี้เถ้าร้อยละ 0.41, 0.02, 0.89, 0.31, 0.45 และ 6.60 ตามลำดับ ขุยมะพร้าวสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกพืชได้ แต่วิธีที่ดีควรนำมาผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ (ทัศนีย์ และสรสิทธิ์, 2531) ข้อเสียของขุยมะพร้าวมักเกี่ยวกับการระบายอากาศของตัววัสดุปลูก พบว่าถ้าเกิดการอัดตัวแน่นและมีโรคระบาด การจัดการเกี่ยวกับโรคมักทำได้ยาก

5) กากชานอ้อย (Bagasse) เป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลในปีหนึ่ง ๆ มีชานอ้อยที่ผลิตได้ในประเทศไทยไม่ต่ำกว่า 4 ล้านตัน ซึ่งร้อยละ30.00 ของกากชานอ้อยใช้เป็นพลังงานในโรงงานน้ำตาลเอง กากอ้อยเมื่อผ่านการหีบแล้วจะมีความหนาแน่นรวม 80.00 ถึง 160.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความชื้นประมาณ ร้อยละ 50.00 เถ้าร้อยละ 2.00 - 3.50 (ปรีชา, 2532)

2.4.3 ข้อดีของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ถวัลย์, 2534; อารีย์, 2540; มนูญ, 2543)

1. สามารถปลูกพืชได้ในพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดและในสภาพที่ไม่มีดิน เช่น บริเวณชายคาระเบียงบ้านและดาดฟ้าตึก เป็นต้น

2. สามารถปลูกพืชได้แม้ในพื้นที่ดินที่มีปัญหา เช่น ดินกรดจัด ดินเค็ม ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ บริเวณพื้นที่ที่ต้องใช้เงินทุนสูงในการจัดการดิน และบริเวณที่เป็น ทะเลทราย เป็นต้น

3. สามารถปลูกพืชครั้งต่อไปหลังการเก็บเกี่ยวได้ทันที เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมแปลงปลูกพืช สามารถปลูกพืชในปริมาณที่หนาแน่นได้สูงกว่าการปลูกพืชแบบธรรมดา เพราะพืชไม่ต้องแย่งน้ำและอาหารกัน

4. ปริมาณน้ำที่ใช้น้อยกว่าวิธีการปลูกพืชแบบธรรมดา เพราะไม่ต้องสูญเสียน้ำจากการซึมลงไปในดิน โดยประมาณว่าปริมาณน้ำที่ใช้นั้นน้อยกว่า 10 เท่าของการปลูกพืชในดิน และสามารถควบคุมได้ตามต้นพืชต้องการ

5. ผลผลิตมีปริมาณที่สูงและสม่ำเสมอกว่าการปลูกพืชลงดิน เพราะสามารถที่จะทำการควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูก รวมไปถึงปริมาณของธาตุอาหารที่ให้กับพืชและไม่มีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากระบบการปลูก

6. ผลผลิตปราศจากสารกำจัดศัตรูพืชและแมลง เนื่องจากไม่มีวัชพืชหรือแมลงมาแย่งปัจจัยในการเจริญเติบโต และทำให้ไม่มีแมลงมารบกวนในกรณีที่ปลูกพืชในโรงเรือนที่สามารถควบคุมแมลง ลดค่าใช้จ่ายในด้านแรงงาน เพราะไม่ต้องเตรียมดินและกำจัดวัชพืชและแมลง

2.4.4 วัสดุปลูกที่เหมาะสมที่สุดทางทฤษฎี ต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

เป็นวัสดุปลูกที่เมื่อนำมาใช้จะมีคุณสมบัติรักษาอัตราส่วนของน้ำ และอากาศให้เหมาะสมตลอดการปลูก อัตราส่วนของ น้ำ ต่ออากาศ ที่เหมาะสมจะอยู่ประมาณ เท่ากับ 50 ต่อ 50 เป็นวัสดุที่ต้องไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนาน ๆ เป็นวัสดุที่ไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ เป็นวัสดุที่รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวกทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก เป็นวัสดุที่ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืชเจือปนอยู่ เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหารและกับภาชนะที่ใช้บรรจุ เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (C.E.C.) ต่ำหรือไม่มีเลย เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก เป็นวัสดุที่ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง และ เป็นวัสดุที่สามารถกำจัดโรคและแมลงได้ง่าย ซึ่งทำให้สามารถนำวัสดุปลูกกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย (อิทธิสุนทร, 2547)

2.5 หญ้าสนาม (Turf grass หรือ Field grass)

หญ้าสนามมีมากมายหลายชนิด มีคุณสมบัติและพฤติกรรมการเจริญเติบโตแตกต่างกันแบ่งตามสภาพภูมิอากาศ ที่สามารถขึ้นได้ดีเป็น 2 เขตใหญ่ คือ หญ้าสนามเขตหนาว และ หญ้าสนามเขตร้อน หญ้าสนามเขตร้อนได้แก่ หญ้าที่ชอบอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส มีขึ้นอยู่แถบประเทศที่อากาศร้อนและชื้นทั่วโลก ไม่เจริญเติบโตในที่มีอากาศหนาว มีความทนทานต่อการเหยียบย่ำได้ดีกว่าหญ้าสนามเขตหนาวเพราะรากลึกกว่า นิยมขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนของลำต้น (พจน์, 2532) หญ้าสนามเขตร้อนที่นิยมปลูกมี 7 สกุล คือ หญ้าแพรก หญ้าญี่ปุ่น หญ้าเซนต์ออกัสติน หญ้าเซนติปีด หญ้ามาเลเซีย หญ้าบาเบีย และหญ้านวลจันทร์ (สิน, 2538)

ส่วนหญ้าซอยเซีย (Zoysia grass) ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในประเทศแถบร้อน หญ้าตระกูลนี้มีอยู่เพียง 3 ชนิดเท่านั้นที่นิยมปลูกทำสนามหญ้า คือ หญ้าญี่ปุ่น หญ้านวลน้อย และหญ้ากำมะหยี่ (Beard, 1973)

2.5.1 หญ้านวลน้อย

หญ้านวลน้อย มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Zoysia matrella* (L.) Merrill syn.; *Agrostis matrella* L.; *Zoysia pungens* Willd.; Z. *tenuifolia* Willd. ex Thiele ชื่อสามัญ คือ หญ้านวลน้อย ง่วนน้อย manila grass, siglap grass, Korean grass อยู่ในวงศ์ Gramineae ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชมี

ลำต้นบนดินหรือไหล (stolen) และพบเหง้าหรือลำต้นใต้ดิน (rhizome) สูงประมาณ 25.00 - 35.00 เซนติเมตร ไหลยาว 30.00 - 45.00 เซนติเมตร ลำต้นไม่มีขน เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 1.60 - 2.60 มิลลิเมตร รูปร่างใบแบบขอบใบเกือบขนานถึงปลายใบ กว้าง 2.20 - 3.20 มิลลิเมตร ยาว 7.10 - 11.50 เซนติเมตร หน้าใบมีขนสีขาว ยาว 2.00 - 4.00 มิลลิเมตร กระจายตามขอบใบ หลังใบไม่มีขน ขอบใบเป็นขนครุย (ciliate) ที่ฐานใบติดกาบใบจะมีกระจุกปุยขนสีขาวยาว 2.00 - 3.00 มิลลิเมตร ลิ้นใบ สั้นมากลักษณะเป็นแผ่น ปลายเป็นเส้น ๆ (membranous frayed) ออกดอกที่ปลายยอด ช่อดอกแบบ spike - like raceme แหล่งที่พบและเก็บรวบรวมพันธุ์ พบขึ้นทั่ว ๆไป การใช้ประโยชน์ ปุ๋ยไนโตรเจนต่ำ ทนต่อความเค็ม ดูแลรักษาง่ายกว่าหญ้าญี่ปุ่นและหญ้าชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้หญ้านวลน้อยยังเป็นที่นิยมใช้และเป็นที่ต้องการของตลาด และมีราคาดี (สิน, 2538) หญ้านวลน้อย เป็นหญ้าที่นิยมปลูกกันมาก สามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นดินเหนียวหรือดินปนทราย ทนต่อร้อนและแห้งแล้ง หรือที่น้ำท่วมขังแฉะได้เป็นครั้งคราว นิยมปลูกกันมาก เป็นหญ้าที่จัดอยู่ในประเภทใกล้เคียงกับหญ้าญี่ปุ่น แต่มีใบกว้างกว่า และการเจริญเติบโตเร็วกว่า ใบไม่แข็งกระด้างเหมือนหญ้าญี่ปุ่น ขึ้นง่ายและเจริญเติบโตเป็นแผ่นได้เร็วพอสมควร แต่ช่อดอกค่อนข้างยาวและเห็นได้ชัด ลำต้น จะตั้งและแข็งแรง มีลำต้นใต้ดินมาก ปลูกง่ายแตกกอได้เร็ว มีปล้องสั้น และลำต้นยืดหยุ่นตัวดี ใบมีขนาดปานกลาง สีเขียวอ่อน ใบจะยืดหยุ่นตัวดี ขึ้นคลุมดินได้แน่นดี ใบนุ่มกว่าหญ้าญี่ปุ่น และไม่ระคายผิวหนัง เมื่อตัดเรียบร้อยแล้วดูกล้ายพรม ช่อดอกค่อนข้างยาว และดอกมีสีน้ำตาลดำเห็นได้ชัด ชอบที่กลางแจ้ง แต่ในที่ร่มมีก็สามารถขึ้นได้ ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี แต่ในฤดูแล้งต้องการน้ำมากมิฉะนั้นใบจะเหลืองแต่ไม่ถึงตาย ทนต่อดินเค็มได้ ต้านทานต่อโรงแมลงได้ดี ใช้ทำสนามหญ้าทั่วไป เช่น สนามกีฬา สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ สถานที่ราชการ สวนหย่อมในบริเวณบ้าน โรงแรม สวนอาหาร บริษัทร้านห้างใหญ่ ๆ ในสนามกอล์ฟ ใช้ทำกรีน (Green) ซึ่งเป็นที่ตีลูกกอล์ฟลงหลุม ใช้ทำบริเวณ (Tee) ซึ่งเป็นที่เริ่มต้นตีกอล์ฟ ตลอดจนปลูกบนทางตีกอล์ฟ (Fair Way) นอกจากนี้ยังใช้ในการจัดสวนทั่ว ๆ ไป การขยายพันธุ์ ใช้ลำต้นปลูกเพราะขยายพันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว เป็นหญ้าที่มีเมล็ดน้อย

2.5.2 หญ้าญี่ปุ่น

หญ้าญี่ปุ่น มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Zoysia japonica* อยู่ในวงศ์ Gramineae ชื่อสามัญ คือ Lawn grass (Egarden, 2006) เป็นหญ้าที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน แต่สามารถเจริญเติบโตได้ในเขตหนาวและแห้งแล้ง ซึ่งมีการเจริญเติบโตดีพอสมควร สามารถทนร่มได้ร้อยละ 50 ดินที่เหมาะสมกับหญ้านี้ควรมีความเป็นกรด เบส ประมาณ 6 ถึง 7 และชอบขึ้นในดินเหนียวด้วย หญ้าญี่ปุ่นมี 2 ชนิด คือ ชนิดใบกว้าง จะมีใบประมาณ 4.00 มิลลิเมตร และ ชนิดใบกลม ใบเล็กและ

ละเอียดกว่า ซึ่งเป็นที่นิยมปลูกในประเทศไทยมาก ลักษณะของหญ้าญี่ปุ่น ลำต้น เป็นพวกเลื้อยตามดิน และลำต้นจะตั้งแข็งทั้งลำต้นบนดิน และลำต้นใต้ดิน ใบสีเขียวเข้ม ใบเล็กละเอียดกลมแข็ง ปลายใบแข็งและแข็งกระด้างเวลาสัมผัสจะระคายผิวหนัง ขอบใบเรียบไม่มีขน ดอก ช่อดอกสั้น ดอกเล็ก และมีสีน้ำตาลออกดำ ดอกจะรวมกันแน่นบนก้านดอก ดอกจะบานจากส่วนล่างขึ้นบน หญ้าญี่ปุ่นนี้ ต้องการน้ำมาก และการเจริญเติบโตช้า กว่าจะขึ้นเต็มสนาม ถ้าแห้งแล้งนาน ๆ หรือขาดน้ำใบจะเหลืองทันที เป็นหญ้าที่ทนต่อการเหยียบย่ำน้อยกว่า หญ้านวลน้อย เป็นหญ้าที่ต้องการปุ๋ยไม่มากนัก ทนต่ออากาศหนาวได้ดี อาจทนได้ถึงประมาณ 10 - 20 องศาฟาเรนไฮต์ ทนต่อโรคหรือแมลงต่าง ๆ ได้มากกว่าหญ้าชนิดอื่น สามารถขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด และใช้ส่วนต่าง ๆ ปลูก เช่น ลำต้น เหง้า ไหล แต่นิยมกันมากก็ใช้ส่วนต่าง ๆ โดยปลูกแยกต้นปลูก การปลูกเป็นกระจุก และการปูเป็นแผ่น ๆ ส่วนการปลูกด้วยเมล็ดไม่นิยมเพราะการเจริญเติบโตช้ามาก ข้อดี เป็นหญ้าที่เล็ก มองดูแล้วสวยงามดี เหมาะสำหรับปลูกเป็นสวนหย่อม และพื้นที่ก็ควรไม่กว้างมากนัก และใช้ปลูกในบริเวณที่เป็นทางเข้าได้ดี เพราะสามารถป้องกันและควบคุมไม่ให้บุกรุกบนทางเท้าได้ง่ายกว่าหญ้าชนิดอื่น

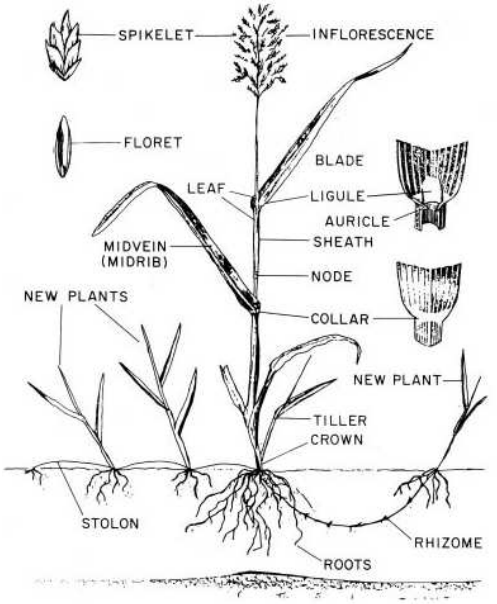
2.5.3 หญ้ามาเลเซีย

หญ้ามาเลเซียชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Axnopus compuuressus* P. Beauv อยู่ในวงศ์ Gramineae ชื่อสามัญ คือ Savanna grass, Carpet grass ชื่อท้องถิ่น คือ หญ้าปากควาย (สวนพฤกษศาสตร์, 2006) หญ้ามาเลเซียมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ Common Carpet Grass เป็นหญ้าดั้งเดิมของอเมริกาในแถบร้อน ซึ่งก็ปลูกกันทั่ว ๆ ไปในเขตร้อนและร้อนชื้น ใบกว้างประมาณ 2.00 - 6.00 มิลลิเมตร มีจำกัด คือ ช่อดอกย่อย จะมีลักษณะรูปไข่ปลายจะแหลม และ Tropical Carpet Crass เป็นหญ้าที่ขึ้นอยู่ในแถบอเมริกากลาง อเมริกาตอนใต้ แถวเม็กซิโก บราซิล และหมู่เกาะอินเดียตะวันออก แล้วนำมาปลูกในเขตร้อน ทนต่ออุณหภูมิต่ำสู้ไม่ได้แต่ก็สามารถปรับตัวได้ดีในดินที่แห้งแล้ง มีใบกว้างประมาณ 2.00 - 2.50 มิลลิเมตร ใบมีขน ช่อดอกย่อยจะเป็นรูปไข่และแหลม ลักษณะ ลำต้น จะแบนและมีลำต้นบนดินแตกออกทั้ง 2 ข้างของลำต้น ลำต้นบนดินไม่ยาวนัก รากจะแตกออกจากข้อของลำต้นบนดิน ที่เรียกว่า ไหล เมื่อไหลนี้สัมผัสกับดินรากและลำต้นใหม่ก็จะแตกออกจากข้อของไหล แล้วเจริญเติบโตแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็วใบ ใหญ่กว่าใบหญ้าทุกชนิด ใบมีสีเขียวอ่อน มีรากตื้น ตัวใบแบน ขอบใบมีขนตั้งแต่ข้อต่อระหว่างตัวใบกับก้านใบจนถึงยอดของใบ ช่อดอกเกิดจากปล่องสุดท้ายของลำต้น มี 3 - 5 ช่อ ดอกย่อยเป็นรูปไข่แหลม ยาวประมาณ 2.00 - 2.50 เซนติเมตร ไม่ชอบที่น้ำขังแฉะ ถ้าน้ำขังแฉะต้นจะแคระแกร็น ใบจะเหลืองและตายได้ การเจริญเติบโตได้ดี และมีรากแน่นถ้าปลูกในที่มีแสงน้อย ถ้าปลูกในที่มีแสงแจ้งมีแดดจัด จะทำให้ต้นแคระ ข้อปล้องจะสั้นมีสี

แดง ส่วนใบก็จะเล็กลงและมีสีแดงด้วยหญ้านี้มีความต้องการน้ำมาก ซึ่งก็เนื่องจากมีใบใหญ่ จึงมีการคายน้ำมาก ในฤดูแล้ง ถ้าหากขาดน้ำใบจะเหลือง และชงักการเจริญเติบโต และไม่ทนต่อการเหยียบย่ำ ประโยชน์ของหญ้ามาเลเซียเป็นหญ้าที่ใช้ทำสนามหญ้าและจัดสวนหย่อม เช่น เดียวกับหญ้าชนิดอื่น ๆ เจริญเติบโตได้ดีในที่ร่ม ไม่ทนต่อดินเค็ม ทนต่อดินเป็นกรดประมาณ 4.50 - 5.50 เป็นหญ้าที่ชอบความชื้นสูง ขยายพันธุ์ โดยใช้เมล็ด และการใช้ส่วนต่าง ๆ โดยเฉพาะลำต้นเป็นกระจุก แบบปูเป็นแผ่น การปลูกด้วยเมล็ดจะลงทุนน้อย โดยการใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตรา 3 - 4 ปอนด์ต่อเนื้อที่ 1,000 ตารางฟุต ข้อจำกัด ต้องมีความชื่นสม่ำเสมอ ไม่ทนต่อเหยียบย่ำฟื้นตัวช้า

2.5.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้า

หญ้าอยู่ในตระกูล แกรมมิเนีย (Gramineae) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ซึ่งมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (ภาพประกอบที่ 2.6) ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบที่ 2.6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นหญ้า

(Brann และคณะ, 2006)

2.5.4.1 ราก

หญ้ามีระบบรากเป็นรากฝอย ประกอบด้วยรากเล็ก ๆ ขนาดเท่ากันเป็นจำนวนมาก และรากนี้เกิดจากต้นโดยตรง หรือเกิดจากข้อที่อยู่ผิวดินหรือข้อที่อยู่ใต้ดินการเจริญเติบโตของราก ขึ้นอยู่กับความชื้น อุณหภูมิ โครงสร้างของดิน ความลึกของดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะความชื้นที่สำคัญที่สุด

2.5.4.2 ลำต้น

ลำต้น มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง แต่ละปล้องมีขนาดไม่เท่ากัน แตกต่างกันไปตามพันธุ์ จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนของใบหญ้า ส่วนตาจะอยู่ที่ข้อตรงซอกใบข้อละ 1 ตา สลับกันไปจากข้อหนึ่งไปอีกข้อหนึ่ง การเจริญเติบโตมีทั้งการเจริญเติบโตทางยอด และด้านข้างเป็นการแตกหน่อหรือแตกแขนงออกจากตาที่ตรงซอกใบระหว่างกาบใบและลำต้นเป็นข้อใหม่ ที่เรียกว่า การแตกกอ โดยจะแตกกิ่งทางด้านซ้ายและขวาสลับกันไป

ลำต้นของหญ้ามีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ ดังนี้

1) ลำต้นจากต้นอ่อน หรือลำต้นที่เกิดจากหัวใต้ดิน สำหรับลำต้นที่เกิดจากต้นอ่อนนั้นเป็นลำต้นที่งอกออกจากเมล็ด ส่วนลำต้นที่เกิดจากส่วนหัวใต้ดิน ที่เก็บสะสมอาหารไว้ใช้ในยามขาดแคลนอาหารในฤดูแล้ง เมื่อมีสะภาพเหมาะสมก็จะเจริญดันทะลุดินขึ้นมาเป็นต้นใหม่ เช่น หญ้าแห้วหมู

2) ลำต้นที่อยู่ใต้ดินเป็นเหง้า (Rhizome) ลำต้นนี้จะมีข้อและปล้องเลื้อยขนานกับผิวดิน บนเหง้าจะมีตาอยู่ เมื่อลำต้นบนดินถูกทำลายไป เหง้านี้จะเจริญเติบโตเป็นลำต้นใหม่ได้ เช่น หญ้าคา หญ้าแพรก สำหรับลักษณะของเหง้านี้ จะแตกกันไปตามชนิดของหญ้า บางชนิดเหง้ายาว บางชนิดเหง้าสั้น

3) ลำต้นที่เลื้อยบนดินเป็นไหล (Stolon) จะมีข้อและปล้องสั้นเช่นกัน โดยไหลนี้จะทาบราบในแนวระดับผิวดิน เมื่อไหลทอดไปตรงไหน ก็จะแตกรากที่ข้อ แล้วเกิดเป็นต้นใหม่ เช่นนี้เรื่อย ๆ ไป เช่น หญ้าแพรกหญ้า มาเลเซียหญ้ากำมะหยี่หญ้าญี่ปุ่น

2.5.4.3 ใบ

ใบ ประกอบด้วย กาบใบ จะหุ้มอยู่กับลำต้นแน่น กาบใบส่วนมาก ด้านข้างของกาบใบทั้ง 2 ข้างจะทับกัน แผ่นใบ หรือ ตัวใบ จะมีลักษณะแบน เล็ก ยาวเรียวคล้ายใบหอก ส่วนที่ใกล้จะถึงโคนใบจะกว้างกว่าส่วนอื่น ๆ เส้นใบจะขนานกับความยาวของใบ ผิวใบจะมีทั้งเรียบและหยาบเพราะผิวใบมีขนบางชนิด ผิวใบจะมีขี้ผึ้งฉาบกันน้ำระเหย หรือป้องกันศัตรูมารบกวนหรือทำลาย เยื่อกันน้ำจะอยู่บริเวณข้อต่อระหว่างใบ และกาบใบด้านในเป็นแผ่นเหยื่อบาง ๆ สีขาวหรือสีน้ำตาลแล้วแต่พันธุ์ ขอบรอบนอกของเยื่ออาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้ หูใบ อยู่บริเวณข้อต่อระหว่างแผ่นใบและกาบใบทางด้านข้างของข้อต่อ มีลักษณะเป็นพู่คล้ายหางกระกรอก อาจจะมี 1 - 2 อัน ถ้ามี 2 อัน จะอยู่ข้างละ 1 อัน ใบแก่อาจไม่พบเพราะอาจหลุดร่วงไป ส่วนของใบทั้งหมดนี้ จะตั้งอยู่ในบริเวณข้อและปล้อง ใบหญ้าแต่ละพันธุ์จะมีความยาว กว้าง สี และรูปทรง ตลอดจนการกระทำมุมของใบกับต้นแตกต่างกัน สำหรับใบหญ้ากับใบข้าว แม้ว่าจะอยู่ในพืชตระกูลเดียวกัน แต่มีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ ใบหญ้า จะมีเยื่อกันน้ำ หรือหูใบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออาจมีทั้ง 2 อย่างก็ได้ แต่ใบข้าวจะ

มีทั้งเยื่อกันน้ำ และหูใบ

2.5.4.4 ช่อดอก

ช่อดอก เป็นกลุ่มของดอก ที่มีดอกย่อย หรือก้านดอกเดียวกัน ดอก ในแต่ละกลุ่มของดอกจะมีดอกย่อย และดอกย่อยนี้ จะเกิดบนแกนกลางของช่อดอก ซึ่งดอกย่อยจะมีทั้งดอกย่อยที่เป็นดอกเดี่ยว ๆ หรือดอกย่อยที่มีหลายดอกก็ได้ และดอกย่อยจะเกิดสลับกันไปบนแกนก้านดอก ในแต่ละดอกย่อย จะมีกลีบดอก 2 อัน ประกบกันอยู่ข้างบนและข้างล่าง มีเกสรอยู่ 3 อัน เกสรตัวเมีย 1 อัน โดยทั่วไปดอกของพืชตระกูลหญ้าจะเป็นดอกสมบูรณ์เพศ แต่ก็จะมีดอกบางชนิดเป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศ โดยแยกกันอยู่คนละช่อ หรือคนละต้น การจัดระเบียบของกลุ่มดอก แบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

1) ดอกที่เกิดบนแกนกลางของช่อดอก และแต่ละก้านดอกยาวเท่า ๆ กัน

2) ดอกที่เกิดจากแกนกลางของช่อดอก แต่ไม่มีก้านของดอก

3) ดอกที่มีก้านช่อดอก ที่แตกเป็นกิ่งก้านมาก

2.5.4.5 เมล็ด

เมล็ดหญ้าจะมีเมล็ดที่เล็ก ภายในจะมีแป้ง และน้ำตาลอยู่บ้างเล็กน้อย แลวจะมีเปลือกที่เป็นแผ่นแข็ง 2 แผ่นประกบกันอยู่ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบด้วย แต่จำนวนแป้ง น้ำตาล และโปรตีน จะน้อยแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้า

2.5.5 วิธีการปลูกหญ้าสนาม

วิธีการปลูกหญ้าสนาม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีหลัก ๆ คือ

2.5.5.1 การปูทั้งแผ่น

การปูทั้งแผ่น แผ่นหญ้าที่ดีต้องมีสีเขียวเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ลักษณะใบสดใสไม่เหี่ยวเฉา และก่อนปูหญ้าหากมีวัชพืชปะปนมาควรกำจัดออกไปให้หมด โรยทรายหนา 1 ถึง 2 เซนติเมตร โดยใช้ ทรายประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ 60 เซนติเมตร แล้วโรยปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 50 กิโลกรัม ต่อพื้นที่ 80 ตารางเมตร การปูหญ้าวิธีนี้ควรปูสลับรอยต่อพยายามให้แผ่นหญ้าชิดติดกัน อย่าวางห่างกันจนมีช่องว่าง เพราะจะทำให้วัชพืชอื่นขึ้นมาแซมได้ หรือวางชิดจนเกินไปจะทำให้แผ่นหญ้าโก่งงอ เพราะรากหญ้าจะแห้งในบริเวณที่โก่งงอนั้น เนื่องจากไม่ได้สัมผัสกับดิน อย่าแปะแผ่นหญ้าเล็ก ๆ ไว้ริมสนาม เพราะบริเวณริมสนามมีความชื้นน้อย แผ่นหญ้าเล็ก ๆ ที่นำมาแปะอาจแห้งตายได้ ควรนำแผ่นหญ้านั้นไปปูด้านในสนาม ส่วนบริเวณโคนต้นไม้ควรทับปูก่อนแล้วค่อยตัดออกเป็นรูปวงกลมหลังจากปูหญ้าแล้ว รดน้ำให้ทั่ว แต่อย่าให้เปียกแฉะ ใช้ลูกกลิ้งบดไปมาทั้ง 4 ทิศหรืออาจใช้ไม้ทุบเพื่อให้ รากหญ้าสัมผัสกับผิวดินและสนามมีพื้นผิวที่ราบเรียบ รดน้ำตามให้ชุ่ม

ในกรณีที่แดดจัดควรรดน้ำวันละ 2 ถึง 4 ครั้ง จนประมาณ 2 สัปดาห์ จึงรดน้ำวันละครั้งให้ชุ่ม (สิน, 2548)

2.5.5.2 การปูหญ้าโดยปักดำเป็นกลุ่ม

การปูหญ้าโดยปักดำเป็นกลุ่ม ทำได้โดยตัดแผ่นหญ้าออกเป็นแผ่นหญ้าออกเป็นแผ่นใหญ่ ๆ ขนาดกว้าง 8 หรือ10 เซนติเมตร ยาว 8 หรือ 10 เซนติเมตร ขุดดินเป็นหลุมตื้น ๆ เล็ก ๆ เท่าแผ่นหญ้าที่ตัดออก วางระยะปลูกให้แต่ละแผ่นห่างกัน 10 - 15 เซนติเมตร กดหรือเหยียบแผ่นหญ้าให้สัมผัสกับดินทั่วทุกจุดโดยใช้ดินละเอียดทับขอบแผ่นหญ้าให้หนาประมาณ 0.50 เซนติเมตร

การปลูกหญ้าด้วยวิธีนี้ต้องรดน้ำปริมาณมาก และบ่อยครั้งกว่าวิธีแรกรวมทั้งต้องตัดหญ้าที่งอกงามเป็นกระจุกให้สั้นอยู่เสมอ เพื่อให้หญ้างอกงามแผ่ขยายเต็มที่โดยเร็ว นอกจากนี้พื้นที่สนามที่ได้มักไม่ราบเรียบ แต่แก้ไขได้โดยใช้ทรายขี้เป็ดผสมปุ๋ยอินทรีย์อัตราส่วน 1 ต่อ1โดยปริมาณหว่านทับหน้าให้ทั่วบริเวณ การปรับพื้นที่ขั้นสุดท้ายจึงทำได้โดยรดน้ำสนามให้เปียกพอหมาด แล้วใช้ลูกกลิ้งบดทับไปทับมาทั้ง 4 ทิศทาง วิธีนี้ต้องใช้เวลา 3 - 4 เดือน จึงจะได้สนามสวยงาม

จากการสอบถามวิธีการปลูกหญ้าสนามของไร่หญ้านันทวรรณ คลอง 13 ปทุมธานี มีวิธีการขั้นตอน คือ เริ่มอัดพื้นดินในนาให้แข็งจากนั้นสูบดินปั่นเป็นเลนฉีดเป็นไปบนพื้นหรืออาจซื้อเลนมาฉีกหญ้าแปะลงบนเลนขนาด 3 ถึง 5 เซนติเมตร (3นิ้วคน) ในวันแรกที่สูบเลน ใช้ลูกกลิ้งไปบนหญ้าให้ติดกับพื้นเลนในวันที่สอง หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยร่วมกับยาป้องกันวัชพืชเก็บผลผลิตประมาณ 1 เดือน

2.5.5.3 การดูแลรักษา

การดูแลรักษา การให้น้ำ ควรรดน้ำตอนเช้าหรือเป็นที่อากาศไม่ร้อนจัด ควรรดน้ำทุกวันและการให้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพดินและชนิดของหญ้า เช่น ดินทรายต้องการน้ำบ่อยกว่าดินเหนียว หญ้าที่มีระบบรากสั้น เช่น หญ้ามาเลเซีย ต้องการน้ำบ่อยกว่าหญ้านวลน้อย เป็นต้น อย่าปล่อยให้น้ำขังแฉะอยู่ตลอดเวลาในสนาม เพราะทำให้รากขาดอากาศ ควรรดน้ำให้ชุ่ม เพื่อให้น้ำได้ซึมลึกลงไปจนถึงรากหญ้า ซึ่งดีกว่าการรดน้ำบ่อย ๆ แต่น้ำซึมเฉพาะผิวหญ้า จะทำให้น้ำระเหยได้ง่าย

2.5.5.4 การให้ปุ๋ย

การให้ปุ๋ยใส่ปุ๋ย 2 ชนิด คือ ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยสูตร 16 ต่อ12 ต่อ 8 ประมาณ 35 วันก็จะแซะขายได้ก่อนแซะต้องใช้ใส่ปุ๋ย 30 ต่อ 10 ต่อ 20 เดือนละครั้ง และต้องรดน้ำทันทีที่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เป็นครั้งคราว โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นฤดูหนาวหรือต้นฤดูร้อนควรใส่หลังจากใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในสนามหญ้าโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผสมกับทรายขี้เป็ด ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาณ โรยประมาณ 1 ปุ้งกี๋ต่อ 2 ตารางเมตร ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยดูดเก็บความชื้น และการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของสนามให้ดีขึ้น

ในการปลูกหญ้านวลน้อย Brann และคณะ (2006) ได้เสนอให้ใส่ปุ๋ยในลักษณะเดียวกันกับหญ้าเบอร์มิวด้า คือ ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 70 ปอนด์ ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 70 - 90 ปอนด์ และโพแทสเซียมในรูป K_2O 70 - 90 ปอนด์ ต่อพื้นที่ 1000 ตารางฟุต หรือความเข้มข้นในดินมีไนโตรเจน 0.01 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 0.01 กิโลกรัม และโพแทสเซียมในรูป K_2O 0.01 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร

การใส่ปุ๋ยของไร่หญ้านันทวรรณ คลอง 13 ปทุมธานี หญ้านวลน้อยใส่ครั้งแรกประมาณวันที่สามของการปลูกหญ้าร่วมกับยาป้องกันวัชพืชใส่ปุ๋ย 4 ครั้ง ต่อ เดือนหรือประมาณ 7 วัน ต่อ ครั้ง โดยปริมาณที่ใช้ปุ๋ยหนึ่งกระสอบต่อพื้นที่สามไร่

2.6 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช

พืชสามารถสร้างอาหารสำหรับการเจริญเติบโตได้โดยการสังเคราะห์แสง อาหารที่พืชสร้างขึ้น ได้แก่ คาร์ไบไฮเดรต ซึ่งได้มาจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ การเจริญเติบโตและการสร้างอาหารของพืชนี้จำเป็นต้องได้ธาตุอาหารโดยการดูดซึมจากดิน (Jones, 1979) แร่ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของหญ้าที่สะสมอยู่ในดินมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ การใส่ปุ๋ยต่าง ๆ กับหญ้า การสะสม ธาตุอาหารจากการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรีย์สารอื่น ๆ ธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหญ้ามีทั้งหมด 16 ธาตุ และจำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

1) มหธาตุ ที่มาจากน้ำ และอากาศ และจะเป็นประโยชน์ต่อพืชต้องอยู่ในรูปโมเลกุล มี 3 ธาตุ คือ คาร์บอน ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในรูปของน้ำ

2) มหธาตุปฐมภูมิ (Primary macronutrients) ที่มาจากดิน มี 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

3) มหธาตุทุติยภูมิ (Secondary macronutrients) ที่มาจากดิน มี 3 ธาตุ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน

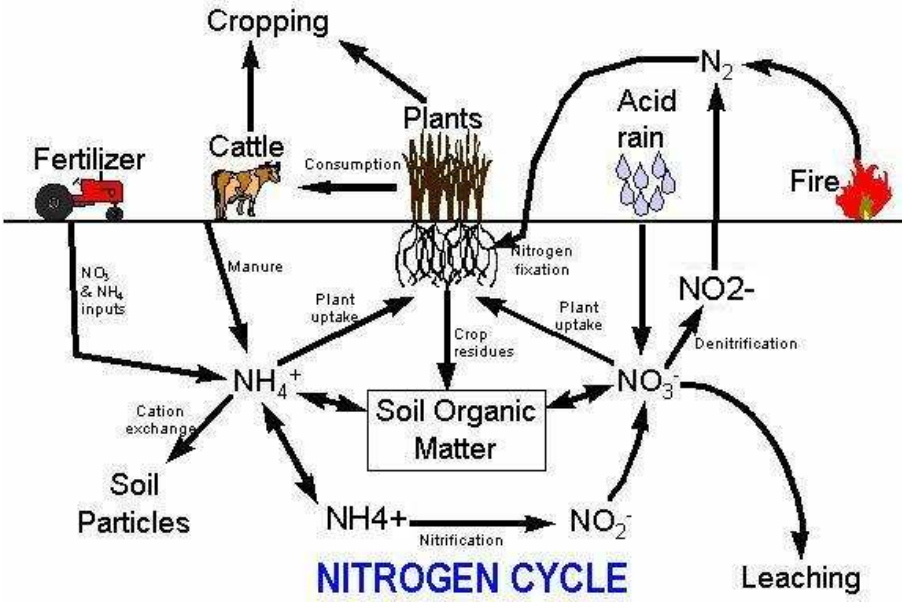
4) จุลธาตุอาหารประจุบวก (Cationic micronutrients) ในดิน มี 4 ธาตุ คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี

5) จุลธาตุอาหารประจุลบ (Anionic micronutrients) มี 3 ธาตุ คือ โบรอน คลอรีน และโมลิบดีนัม

สำหรับ ณ ที่นี้กล่าวถึง เฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ สังกะสี ซึ่งมีหน้าที่สำคัญ ดังนี้ คือ

2.6.1 ไนโตรเจน

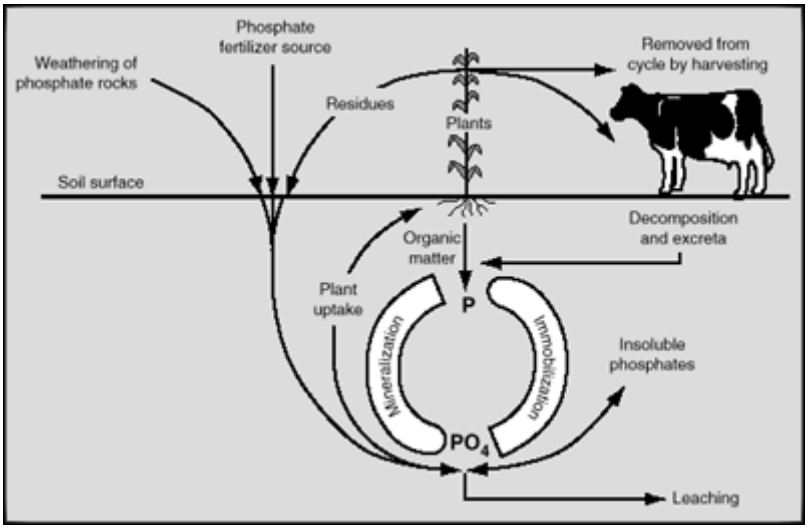
ธาตุไนโตรเจน สำหรับพืชเอาไปใช้สร้างกรดอะมิโนโปรตีน สาร alkaloids คลอโรฟิลล์ purine base และเอนไซม์ เมื่อขาดธาตุไนโตรเจนจะแสดงอาการต้นแคระแกรน ใบด่าง (มนูญ, 2543) ธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ (ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษสามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ เอามาใช้ประโยชน์ได้) ธาตุไนโตรเจนที่พืชดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้นจะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเทรตไอออน (NO_3^-) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดิน โดยจุลินทรีย์ในดินจะเป็นผู้ปลดปล่อยให้ (ดังภาพประกอบที่ 2.7) นอกจากนั้นก็ได้มาจากการที่เราใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดินด้วย พืชโดยทั่วไปมีความต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ ใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว และทำให้พืชออกดอกและผลที่สมบูรณ์ เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนมาก ๆ บางครั้งก็ทำให้เกิดผลเสียได้เหมือนกัน เช่น จะทำให้พืชอวบน้ำมาก ต้นอ่อน ล้มง่าย โรคและแมลงเข้ารบกวนทำลายได้ง่าย คุณภาพผลิตผลของพืชบางชนิดก็จะเสียไปได้ เช่น ทำให้ต้นมันไม่ลงหัว มีแป้งน้อย อ้อยจืด ส้มเปรี้ยว และมีกากมาก แต่บางพืชก็อาจทำให้คุณภาพดีขึ้น โดยเฉพาะพวกผักรับประทานใบ ถ้าได้รับไนโตรเจนมากจะอ่อน อวบน้ำ และกรอบ ทำให้มีเส้นใยน้อย และมีน้ำหนักดี แต่พืชจะเน่าง่าย และแมลงชอบรบกวน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2005)



ภาพประกอบที่ 2.7 วัฏจักรไนโตรเจน (Terence, 2006)

2.6.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารพืชที่ต้องการในปริมาณมาก (ดังภาพประกอบที่ 2.8) เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิดของพืช เช่น กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟไลปิด นิวคลีโอโปรตีน และเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของ ATP (Jones, 1979) ธาตุฟอสฟอรัสมีความสำคัญและจำเป็นต่อหญ้าเช่นเดียวกันกับธาตุไนโตรเจน เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างอาหาร เป็นตัวควบคุมความเป็นกรด เบส ของเซลล์ ช่วยในการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นอ่อน การสุกของเมล็ด ตลอดจนการเติบโตของรากหญ้า พืชที่ขาดฟอสฟอรัสจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโต ใบมีขนาดเล็กลง การแผ่กระจายของรากน้อยลงผิดปกติ (Thompson และ Troeh, 1978) ถ้าหากหญ้าขาดฟอสฟอรัสใบจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูหรือแดง จะเริ่มม้วน ปกติจะแสดงอาการขาดกับหญ้าต้นอ่อนมากกว่าต้นแก่ (วราศรี, 2542)



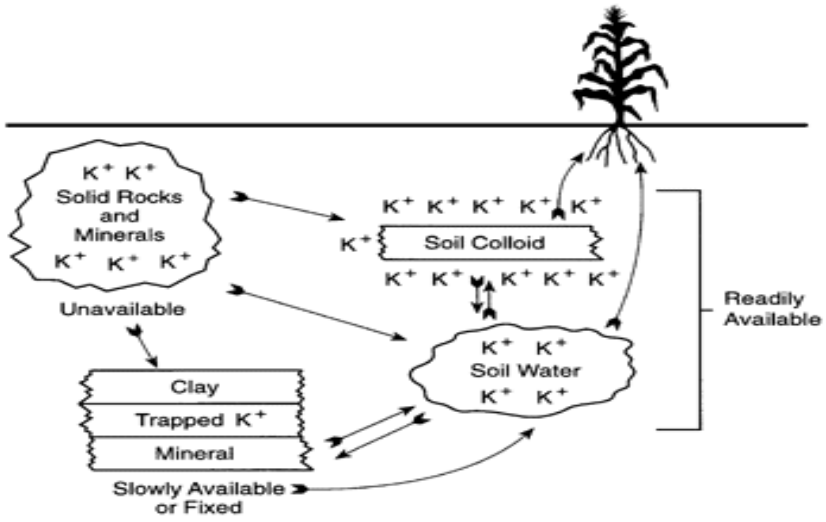
ภาพประกอบที่ 2.8 วัฏจักรฟอสฟอรัส (Chapman, 1996)

พืชที่ขาดฟอสฟอรัสมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ประการ คือ ใบขยายขนาดช้าจึงเล็ก และจำนวนใบน้อย สาเหตุที่แผ่นใบมีการขยายช้าก็เพราะเซลล์ชั้นผิวไม่ค่อยขยายตัวอันเนื่องมาจากเซลล์ชั้นผิวมีฟอสฟอรัสต่ำ และสภาพนำน้ำของราก (Root Hydraulic Conductivity) ลดลง พืชที่ขาดฟอสฟอรัสจึงมีค่าสัดส่วนระหว่างส่วนเหนือดินกับราก (Shoot - Toot ratio) ลดลงด้วย การขาดฟอสฟอรัสก็เป็นสาเหตุที่ทำให้การกระจายของคาร์โบไฮเดรตลงมาอยู่ที่รากมากขึ้น การขาดฟอสฟอรัสของพืชมีผลกระทบต่อการเจริญพันธุ์อย่างมาก เช่น ออกดอกช้า จำนวนดอกผลและเมล็ดน้อยลง การที่ใบพืชเสื่อมตามอายุและร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ (ยงยุทธ, 2543) อาการของพืชที่ขาดฟอสฟอรัสนั้น อาการที่แสดงออกโดยทั่วไปคือ อาการต้นแคระแกรน ใบเล็ก ขนาดของลำต้นพืชเล็กลง ใบจะมีสีตามปกติแต่ก็ค่อย ๆ เปลี่ยนไปโดยที่ใบ

ล่างเริ่มจะมีสีม่วงตามแผ่นใบ ใบก็จะมีสีเขียวด้าน ๆ ต่อมาใบก็เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและก็ร่วงหล่นง่าย การออกดอกก็น้อยลง และถ้าขาดฟอสฟอรัสมาก ๆ ขึ้นจะไม่ออกดอก หากพืชได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปนั้นจะไม่มีผลเสียหายกับพืชแต่ประการใด แต่สิ้นเปลืองปุ๋ยและค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มขึ้น พืชจะเจริญเติบโตตามปกติ การออกรากดี การติดผล หรือการติดเมล็ดดี พืชที่ได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอจะมีความสามารถในการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานคือใช้พลังงานแสงแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.6.3 โพแทสเซียม

ธาตุโพแทสเซียม มีบทบาทในการเปิดของปากใบ และเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช อาการขาดธาตุโพแทสเซียม แสดงอาการลำต้นแคระแกรน แตกกอหรือกิ่งก้านตาย ต้นล้มง่าย ธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คืออยู่ในรูปโพแทสเซียมไอออน K^+ (ดังภาพประกอบที่ 2.9) เมื่ออยู่ในพืชโพแทสเซียมเคลื่อนย้ายง่ายมากไม่ว่าจะเคลื่อนย้ายภายในเซลล์ ระหว่างเซลล์ในเนื้อเยื่อ การเคลื่อนย้ายระยะไกลทางไซเลมและโฟลเอ็ม ในเชิงปริมาณธาตุนี้มีพืชมากกว่าแคตไอออนอื่น ๆ จึงเป็นธาตุซึ่งทำหน้าที่ลดศักย์ออสโมซีส ภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชที่ไม่ทนเค็ม หากพืชขาดโพแทสเซียมภายในเซลล์จะมีความเป็น กรด เบส ต่ำกว่าปกติ เนื่องจากโพแทสเซียมทำหน้าที่รักษาสภาพความเป็นกลางของโมเลกุลสารที่ละลายได้



ภาพประกอบที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Unavailable, slowly available, and readily available โพแทสเซียม ในระบบ soil-plant system (Rehm and Schmitt, 1997)

โพแทสเซียมมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างน้อย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นหนึ่งควบคุมปากใบให้เปิดปิดเมื่อมีแสงจึงช่วยให้คาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบได้สะดวก ขั้นสองส่งเสริมการสังเคราะห์ ATP ในกระบวนการโฟโตฟอสฟอรีเลชั่นและขั้นสาม มีบทบาทในการคงสภาพโครงสร้างของครอโรพลาสต์ และโพรพลาสทิด ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ แม้ว่า พืชแต่ละชนิดจะต้องการโพแทสเซียมเพื่อการเจริญเติบโตตามปกติในปริมาณที่แตกต่างกันก็ตาม โดยทั่วไปความต้องการของพืชอยู่ในพิสัยร้อยละ 2 ถึง 5 โดยน้ำหนักแห้งของอวัยวะด้านวัฒนภาค ผลและหัว (ยงยุทธ, 2543)

2.6.4 สังกะสี

ยงยุทธ (2543) กล่าวว่า โดยทั่วไปพืชดูดสังกะสีรูปไดเวเลนซ์แคตไอออน (Zn^{2+}) แต่ในสภาวะที่ความเป็นกรด เบส สูงก็อาจใช้โมโนเวเลนซ์แคตไอออน ($ZnOH^{+}$) ได้ อัตราการดูดสังกะสีของรากพืชขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคลเซียมในวัสดุปลูก หากมีแคลเซียมสูงเกินไปอาจยับยั้งการดูดสังกะสีพืชจึงใช้ธาตุนี้ได้น้อยลง เมื่อรากพืชดูดเข้าไปในเซลล์แล้วจะลำเลียงสู่ส่วนเหนือของไซเลมได้สองรูปคือ สังกะสีส่วนหนึ่งรวมกับอินทรียสารและเคลื่อนย้ายในรูปคีเลต แต่อีกส่วนหนึ่งยังเป็นแคตไอออนตามเดิม ในน้ำเลี้ยงโฟลเอ็มมีสังกะสีความเข้มข้นค่อนข้างสูง และอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างต่ำ สำหรับการทำหน้าที่ในพืชนั้น เนื่องจากสังกะสีมิได้มีรูปออกซิไดส์และรูปรีดิวซ์เหมือนเหล็ก แมงกานีส หรือทองแดง จึงไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชั่น รีดักชั่น แต่จากการเป็นไดเวเลนส์แคตไอออนที่มีสมบัติพิเศษ จึงเข้ารวมกับอินทรียสารกลายเป็นเททราฮีดราคอมเพล็ก เป็นเหตุให้สังกะสีมีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด นอกจากนั้นยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับโปรตีนและดีเอ็นเอด้วย (Coleman, 1992 อ้างโดย ยงยุทธ, 2543)