แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. คะน้า

คะน้าเป็นผักที่อยู่ในวงศ์ Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* เป็นผักที่นิยมปลูกบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น เป็นผักอายุ 2 ปี แต่ปลูกเป็นผักอายุปีเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน ผักคะน้ามีถิ่นอยู่ในทวีปเอเชียและปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซียและประเทศไทย (ยุพยงษ์ ทิพสิงห์, 2546) คะน้ามีลำต้นมีลักษณะตั้งตรง สูง 20-30 เซนติเมตร มีลักษณะอวบใหญ่ มีสีเขียวนวล ดังภาพประกอบ 1 ใบของคะน้ามีหลายลักษณะตามสายพันธุ์ที่ปลูก เช่น คะน้าใบกลม คะน้าใบแหลม บางพันธุ์มีลักษณะก้านใบยาวหรือสั้น การแตกของใบจะแตกออกจากลำต้นเรียงสลับกัน 4-6 ใบต่อลำต้น ผิวใบมีลักษณะเป็นคลื่น ผิวเป็นมัน สีเขียวอ่อนถึงเขียวแก่ ยอดและดอกอยู่บริเวณที่ถัดจากใบสุดท้ายที่เติบโตแยกออกมาอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจะเป็นส่วนของยอดที่มีลักษณะเป็นใบอ่อนขนาดเล็ก 2-3 ใบ มีลักษณะคล้ายบัวตูม ขนาดเล็กสีเขียวอ่อน รอที่จะเติบโตเป็นใบแก่ รากของคะน้า ประกอบด้วย รากแก้วขนาดใหญ่ต่อจากลำต้น มีสีขาวออกน้ำตาลเล็กน้อย ลึกประมาณ 10-30 เซนติเมตร ตามสภาพลักษณะหน้าดิน และรากฝอยสีน้ำตาลอ่อนซึ่งพบไม่มาก (ยุพยงษ์ ทิพสิงห์, 2546)

ภาพประกอบ 1 ลักษณะโครงสร้างของคะน้า
ที่มา : มัฆวาล หอสุวรรณ์. 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คะน้าเป็นผักที่สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่คะน้าก็สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ ในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากได้เปรียบกว่าผักตระกูลกะหล่ำอย่างอื่นที่ไม่จำเป็นต้องผ่านการห่อหัวหรือออกดอกก่อนการเกี่ยวก็เป็นได้ (ยุพยงษ์ ทิพสิงห์, 2546) พันธุ์คะน้าที่นิยมปลูก (วรรณา แต้, 2547) ได้แก่

1. พันธุ์ใบกลม มีลักษณะของใบค่อนข้างกลม ใบกว้าง ปลายใบมน ออกเป็นลูกคลื่นเล็กน้อย ก้านใบสั้น

2. พันธุ์ใบแหลม มีลักษณะใบค่อนข้างแหลมยาว ใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ก้านใบยาว

3. พันธุ์ยอด ใบมีลักษณะเหมือนพันธุ์ใบแหลม จำนวนใบน้อย แต่มีช่วงก้านยาวกว่า เช่น พันธุ์แม่โจ้

1.1 ลักษณะการปลูกและการให้ปุ๋ย

การเตรียมดิน แปลงเพาะควรมีขนาดกว้าง 1 เมตร ส่วนความยาวตามความเหมาะสม การเตรียมดินควรไถพรวนดินอย่างดี ตากดินไว้ 5-7 วัน ย่อยหน้าดินให้ละเอียด แล้วใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้ว คลุกเคล้าให้เข้ากับดินให้ทั่ว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

การปลูกคะน้านิยมหว่านเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรงมากกว่าการย้ายกล้า หว่านเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งผิวแปลง ให้เมล็ดห่างกัน 2-3 เซนติเมตร ใช้ดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนา ประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งสะอาดบาง ๆ รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน หลังจากคะน้างอกแล้วประมาณ 20 วัน หรือต้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ให้เริ่มทำการถอนแยกครั้งแรก โดยเลือกถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก ให้เหลือระยะห่างระหว่างต้นไว้ประมาณ 10 เซนติเมตร และเมื่อคะน้าอายุได้ประมาณ 30 วัน จึงทำการถอนแยกครั้งที่ 2 โดยให้เหลือระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร

การใส่ปุ๋ย เนื่องจากคะน้าเป็นผักกินใบและลำต้น จึงควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง สัดส่วนของธาตุอาหารที่ใช้ในปุ๋ยคือ N:P:K เท่ากับ 2:1:1 เช่น ปุ๋ยสูตร 12-8-8 หรือ 20:11:11 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละ เท่า ๆ กัน คือ ใส่หลังจากถอนแยกครั้งแรกและหลังจากถอนแยกครั้งที่ 2

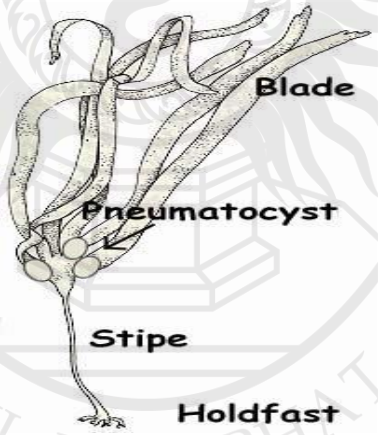
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. สาหร่ายทะเล

2.1 ลักษณะของสาหร่ายทะเล

สาหร่ายทะเล (algae) เป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ โดยมีตั้งแต่ขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่ากับที่มีขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Dawes, 1974) มีลักษณะคล้ายกับพืช แต่ไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น และใบที่แท้จริง

ลักษณะของสาหร่ายทะเลนั้นจะมีใบ ราก และลำต้นแตกต่างจากพืชบก โดยส่วนลำต้นเรียกว่า ทัลลัส (thallus) มีลักษณะคล้ายเส้นด้ายหรือคล้ายใบพืช ดังภาพประกอบ 2 โครงสร้างสำคัญที่ใช้สำหรับการสังเคราะห์แสงเรียกว่า เบลด (blades) ส่วนนี้จะมีลักษณะคล้ายใบของพืชบก ส่วนที่มีลักษณะคล้ายลำต้นที่พยุงเบลดไว้เรียกว่า สไตป์ (stipe) ส่วนโคน โฮลด์ฟาสท์ (holdfast) นั้นจะเชื่อมติดกับส่วนของทัลลัสซึ่งโฮลด์ฟาสท์นั้นจะแตกต่างจากรากของพืชคือจะไม่ทำหน้าที่ดูดน้ำหรือสารอาหาร เช่นเดียวกับรากพืช แต่มันจะทำหน้าที่คล้ายกับสมอซึ่งคอยยึดลำต้นไว้กับพื้นที่อาศัย



ภาพประกอบ 2 ลักษณะของสาหร่ายทะเล

ที่มา : Musso and Hutchison. 1996

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความสำคัญของสาหร่ายทะเล สาหร่ายทะเลเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศของโลก โดยจัดเป็นผู้ผลิตของระบบนิเวศ และเป็นตัวถ่ายทอดพลังงานไปยังห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในระบบนิเวศทางทะเล เป็นผู้ผลิตออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำ ปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่เกิดขึ้นในน้ำได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย เป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ แหล่งอาหาร แหล่งหลบภัยของสัตว์น้ำ และยังเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของแหล่งน้ำ

2.2 สาหร่ายทะเลที่นำมาใช้ในการทดลอง

สาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (brown algae) จัดอยู่ในชั้น Phaeophyta ส่วนมากจะมีขนาดใหญ่และเป็นสาหร่ายที่มีลักษณะซับซ้อน พบได้ทั้งบริเวณโขดหินที่รับแรงปะทะคลื่น หรือบนซากปะการังในแนวปะการัง เป็นผู้ผลิตขั้นต้นที่สำคัญในบริเวณชายฝั่งทะเลเขตอบอุ่น สาหร่ายสีน้ำตาลนั้นสามารถพบในแนวปะการังชายฝั่ง (fringing reef) ได้แก่ สาหร่าย *Sargassum* sp. เติบโตเป็นแนวกว้างถึงหนึ่งเมตร โดยจะมีส่วนเบลดเชื่อมติดกันเป็นสายยาว ดังภาพประกอบ 3 สาหร่ายชนิดนี้สามารถจำแนกได้ง่าย เพราะว่ามีเม็ดฟองน้ำเล็ก ๆ ตามสายยาว เม็ดเล็ก ๆ นี้มีอากาศบรรจุอยู่ภายใน ทำให้พืชลอยน้ำได้ และเนื่องจากโครงสร้างที่ซับซ้อนของสาหร่าย *Sargassum* sp. จึงมีสัตว์เล็ก ๆ จำนวนมากมาอาศัยอยู่บนสาหร่ายสีน้ำตาล

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 3 สาหร่ายชนิด *Sargassum* sp.
ที่มา : จันทนิภา มะณีมา. 2563

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดีจึงสามารถพบสาหร่ายแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ สาหร่ายแต่ละชนิดมีการแพร่กระจายในธรรมชาติไม่เท่ากัน เนื่องจากสภาพแวดล้อมของถิ่นที่อยู่อาศัย โดยสาหร่ายแต่ละชนิดจะเจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมเฉพาะตัว และยังมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่ไม่เท่ากันด้วย สาหร่ายสามารถขึ้นได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม รวมไปถึงบนดินหรือที่ชุ่มชื้น สาหร่ายทะเลสามารถพบได้ตั้งแต่บริเวณชายฝั่งที่น้ำทะเลท่วมถึงไปจนถึงระดับความลึกที่แสงส่องถึง สาหร่ายทะเลจะขึ้นบนพื้นหรือวัสดุที่สามารถยึดเกาะได้ เช่น ก้อนหิน ซากปะการัง เป็นต้น

หาดอ่าวยางเป็นชายหาดขนาดเล็ก ลักษณะโดยทั่วไปของหาดอ่าวยางมีลักษณะเป็นแนวหาดทรายยาวประมาณ 300 เมตร และมีแนวหินทอดเป็นแนวยาว รวมทั้งมีแนวปะการังอยู่บริเวณชายฝั่ง จากการสำรวจเบื้องต้นพบการแพร่กระจายของสาหร่าย *Sargassum* sp. อยู่บริเวณแนวหินและแนวปะการังที่มีแรงคลื่นปะทะ และมีการเจริญเติบโตเป็นแนวกว้าง ดังภาพประกอบ 4 (a)

Sargassum sp. มีลักษณะเด่น คือ ทัลลัสสูงถึง 150 เซนติเมตร สีน้ำตาลมีโฮลด์ฟาสต์ยึดเกาะ ทัลลัสแกนกลางรูปร่างทรงกระบอกยาว 10-12 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร แตกกิ่งระยะที่ 1 ได้แขนงยาวประมาณ 40-50 เซนติเมตร แขนงแตกกิ่งอีกครั้ง หลังเป็นการแตกกิ่งระยะที่ 2 ที่รอบ ๆ แขนงมีหนามเล็กๆ ตัดดูตามขวางมีเซลล์เรียง 3 ชั้น คือ ชั้นผิวคอร์เท็กซ์และเมดัลลา ใบเห็นเส้นกลางใบชัดเจน ยาว 2-4 เซนติเมตร กว้าง 8-10 เซนติเมตร ที่ขอบใบหยัก ตัดดูตามขวางมีเซลล์เรียง 3 ชั้น คือ ชั้นผิวคอร์เท็กซ์และเมดัลลา มีคริพโตสโคมากระจายอยู่สองด้านของเส้นกลางใบ ถุงลมเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2 มิลลิเมตร มักถูกคลุมด้วยกลุ่มใบเล็ก ๆ ผ่าดูพบชั้นเซลล์ผิวด้านนอกสุดเป็นเซลล์เรียวเล็กตั้งฉาก มีโครมาโทฟอร์ ถัดมาเป็นชั้น (สุภาจรี นิยะมานนท์, 2542) ดังภาพประกอบ 4 (b)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(a) (b)

ภาพประกอบ 4 สาหร่ายที่ใช้ในการทดลอง (a) บริเวณที่อยู่อาศัยของสาหร่าย *Sargassum* sp. ที่พบบนหาดอ่าวยาง ตำบลบางกะไชย อำเภอแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี (b) ลักษณะของ *Sargassum* sp.

ที่มา : จันทนิภา มะณีมา. 2563

3. ประโยชน์ที่ได้จากสาหร่ายทะเล

ปัจจุบันสาหร่ายทะเลถูกนำมาใช้ประโยชน์หลากหลาย ทั้งการนำมาใช้เป็นวัสดุหลักในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ หรือแม้แต่การนำมาผลิตเป็นผงสาหร่ายทะเลสกัดโดยมีข้อแนะนำให้ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยมีรายงานของ ยงยุทธ โอสถสภา (2557) ระบุว่าสาหร่ายทะเลจัดเป็นสารเร่งเชิงชีวภาพชนิดหนึ่ง และได้ให้คำนิยามคำว่าสารเร่งเชิงชีวภาพ คือ สารใด ๆ ก็ตาม ยกเว้นสารที่ให้ธาตุอาหาร (nutrients) หรือสารปรับปรุงดิน (soil improvers) หรือสารฆ่าศัตรูพืช (pesticides) ที่ใส่ให้พืชทางดิน ฉีดพ่นทางใบ คลุกเมล็ดพืชก่อนปลูก ใส่ในวัสดุปลูก หรือสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกพืช แล้วสารนั้นช่วยปรับกระบวนการทางสรีระ ทำให้พืชมีศักยภาพในการเจริญเติบโต หรือพัฒนามากขึ้น หรือทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น ซึ่งรวมความถึงช่วยให้พืชปรับตัวต่อสภาพความเครียด อันมีสาเหตุมาจากสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic stress) หรือความเครียดจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress) สำหรับผลที่เกิดขึ้นจากการกระตุ้นพืช ได้แก่ การเจริญเติบโตของรากและส่วนเหนือดินตลอดจนประสิทธิภาพของรากในการดูดธาตุอาหาร

ดังนั้น จากคำนิยามด้านบนสามารถกล่าวได้ว่า สาหร่ายไม่น่าจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มของปุ๋ย เนื่องจาก ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้หรือผลิตจากวัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ซากพืช ซากสัตว์ รวมทั้งสิ่งขับถ่ายจากสัตว์และเศษขยะต่าง ๆ ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธี ทำให้ชื้น สับ บด ร่อน สกัด หรือ วิธีการอื่นและวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558) นอกจากนี้สารที่ได้จากสาหร่ายทะเล เป็นสารเร่งเชิงชีวภาพ ที่มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนพืช โดยใช้ในปริมาณแค่เพียงเล็กน้อย ก็สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ การแยกสารเร่งเชิงชีวภาพออกจากปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชเช่นเดียวกัน โดยสังเกตได้จากปริมาณการใช้ โดยปุ๋ยอินทรีย์จะใช้ในปริมาณที่มากกว่าสารที่เป็นสารเร่งเชิงชีวภาพถึงจะเห็นผล (ยงยุทธ โอสถสภา, 2557)

สาหร่ายทะเลถูกนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลายอย่าง ได้แก่ ใช้เป็นสารเร่งเชิงชีวภาพโดยการส่งเสริมการใช้ธาตุอาหารของพืช หรือช่วยให้พืชทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สาหร่ายทะเลช่วยส่งเสริมการใช้ธาตุอาหารของพืชได้เนื่องจาก สาหร่ายทะเลมีสารกระตุ้นทางชีวภาพหลายชนิด ที่เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไซโตไคนิน (Durand *et al*, 2003) ออกซิน (Sahoo, 2000) จิบเบอเรลลิน (Strik and Staden, 1997) กรด abscisic betaines และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช โดยออกซินมีหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโต ทำให้มีการแบ่งเซลล์และยืดตัวของเซลล์ ไซโตไคนินเป็นกลุ่มของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุม การแบ่งเซลล์ การขยายตัวและการเปลี่ยนแปลงของเซลล์พืช มีผลต่อการข่มของตายอด การเจริญของตาข้าง และการชราของใบ จิบเบอเรลลินเป็นฮอร์โมนพืชที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ ควบคุมการเจริญเติบโตและมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางพัฒนาการรวมทั้งการยืดของข้อ การงอก การพักตัว การออกดอก การแสดงเพศ การชักนำการสร้างเอนไซม์ รวมทั้งการชราของดอกและผลรวมถึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน (Khan *et al*, 2009) นอกจากนี้ สารสกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล ประกอบด้วยแร่ธาตุ 70 ชนิด กรดอะมิโน 17 ชนิด สารสกัดคีเลตและน้ำตาลที่ซับซ้อน สารอาหารธรรมชาติและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้สามารถให้ประโยชน์หลายอย่างซึ่งจะช่วยปรับปรุงผลผลิตคุณภาพและความแข็งแรงของพืชต่าง ๆ ได้อย่างมาก สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สกัดจากสาหร่ายทะเลถูกนำมาใช้ในการทำเกษตรอินทรีย์เพื่อใช้เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Mugnai *et al*, 2008) ในด้านการทนทานความเครียดของพืชนั้น สาหร่ายทะเลมีกรด abscisic และเอธิลีนที่ช่วยในการการตอบสนองต่อปัจจัยความเครียด การยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ การเร่ง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

ความเร็วของการแก่ชราของพืช นอกจากนี้กรด abscisic ยังเกี่ยวข้องการงอกของเมล็ด (Lukasz, Jolanta and Katarzyna, 2013)

4. ผลของการใช้สาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของพืช

สาหร่ายทะเลมีผลต่อพืช ทั้งในด้านส่งเสริมการงอกของเมล็ด การเพิ่มการเจริญเติบโต การออกดอกและการเพิ่มผลผลิต รวมไปถึงทำให้พืชทนทานต่อโรคพืชบางชนิดด้วย

4.1 ผลของการใช้สาหร่ายทะเลด้านส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช

สาหร่ายทะเลช่วยปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพของพืช ทั้งในด้านการพัฒนาของราก การดูดซับแร่ธาตุ ส่งเสริมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของราก (Metting *et al*, 1990 ; Jeannin *et al*, 1991) ผลของการใช้สาหร่ายทะเลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชดียิ่งขึ้น เนื่องจาก

4.1.1 ทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น โดยการปรับปรุงโครงสร้างของดิน สาหร่ายทะเลจะมีสารในกลุ่มพอลิแซกกาไรด์ เช่น แอลจิเนต (alginate) ฟูคอยแดน (fucoidans) เมื่อจับกับโลหะในดินจะช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำและเชื่อมอนุภาคดินทำให้ดินให้จับกลุ่มกันเป็นเม็ดดิน (Khan *et al*., 2009) และทำให้ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุในดินสูงขึ้น โดยองค์ประกอบของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล มีพวกสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ทำหน้าที่เป็นสารคีเลตจับกับจุลธาตุในดิน ทำให้ธาตุอาหารในดินอยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Spinelli *et al*., 2010)

4.1.2 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสรีระของพืช มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของราก เมื่อใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเลทางใบหรือทางราก จะช่วยให้พืชมีมวลของรากและมวลของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น (Anisimov *et al*., 2013) เป็นผลมาจากฮอร์โมนออกซินกับไซโตไคนินที่มีในสารสกัดสาหร่ายทะเล เมื่อพืชมีรากมากขึ้นจะช่วยให้พืชดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดี (Khan *et al*., 2009) และสารสกัดจากสาหร่ายทะเลยังทำให้เชื้อราไมคอร์ไรซาเข้ามาอยู่ร่วมกับรากพืชมากขึ้น โดยเชื้อราไมคอร์ไรซาจะช่วยให้พืชดูดธาตุอาหารได้ดีโดยเฉพาะฟอสฟอรัส (Kuwada *et al*., 2006)

4.2 ผลของการใช้สาหร่ายทะเลด้านการเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

ผลของสาหร่ายทะเลต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนหนึ่งมาจากผลของฮอร์โมนที่มีในสารสกัด เนื่องจากพบว่าสารสกัดจากสาหร่ายทะเลมีฮอร์โมนพืชหลายชนิด เช่น กรดอินโดลแอซิติก กรดจิบเบอเรลลิก ไซโตไคนิน และกรดแอบซิสิก ซึ่ง Battacharyya *et al*. (2015) ได้ศึกษาผลของฮอร์โมนที่พบในสารสกัดสาหร่ายทะเล

4.2.1 พืชที่ได้รับสารสกัดจากสาหร่ายทะเลจะมีการแตกรากแขนงมากขึ้น เนื่องจากสารที่คล้ายออกซินในสารสกัดจากสาหร่ายทะเลช่วยให้พืชมีการเติบโตของเนื้อเยื่อเจริญให้กำเนิดราก (root primodia)

4.2.2 สารคล้ายฮอร์โมนพืชที่มีในสารสกัดจากสาหร่ายทะเล จะพบในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายทะเล วิธีการสกัดและการเก็บรักษาสารสกัด

4.2.3 ผลด้านฮอร์โมนพืช เมื่อพืชได้รับสารสกัดสาหร่ายทะเล โดยสารคล้ายฮอร์โมนที่มีอยู่ในสารสกัดสาหร่ายทะเลจะมีอยู่ไม่มากนัก และจะมีผลมาจากสารประกอบอื่นที่มีในสารสกัดที่เข้าไปช่วยกระตุ้นการทำงานของยีนที่ควบคุมเมแทบอลิซึมของฮอร์โมนภายในพืชจึงทำให้เกิดการทำงานร่วมกันของฮอร์โมนซึ่งมีอยู่ในสารสกัด และฮอร์โมนที่เกิดขึ้นใหม่จากการกระตุ้นของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล

4.2.4 ในส่วนของเมล็ดที่กำลังงอก โดยทั่วไปเอนไซม์อะไมเลสจะช่วยในการย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์ม เอนไซม์นี้จะได้รับการกระตุ้นจากกรดจิบเบอเรลลิก เมื่อเมล็ดพืชได้รับสารสกัดจากสาหร่ายทะเลพบว่าในสารสกัดมีสารประกอบอินทรีย์บางชนิดที่สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพืชที่กำลังงอก ด้วยกระบวนการที่ไม่ต้องใช้กรดจิบเบอรเรลลิก

4.3 ผลของการใช้สาหร่ายทะเลด้านการทนทานต่อความเครียด

ความเครียดของพืชส่วนใหญ่จะมีสาเหตุมาจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น พืชที่อยู่ในที่แล้ง ที่มีน้ำขัง ดินเค็ม หรือในช่วงที่มีอากาศร้อนจัด อากาศเย็นจัด ทำให้เกิดผลกระทบต่อสรีระของพืช เรียกว่า “พืชมีความเครียด” ถ้าเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจะทำให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตลดลง ซึ่งการใช้สารสารสกัดสาหร่ายทะเลเป็นอีกวิธีที่ช่วยให้พืชทนทานต่อความเครียดได้ดีขึ้น (Battacharyya *et al*., 2015 ; Jadin, 2015 ; Xu and Leskovar, 2015)

4.3.1 ลดความเครียดจากการขาดน้ำ พืชจะใช้กลไกการปรับออสโมซิส (osmotic adjustment) โดยเพิ่มสารปกป้องสภาพออสโมซิส (osmoprotectant) ทำให้เซลล์รากสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพดินที่มีความชื้นต่ำได้ โดยการสะสมสารปกป้องสภาพออสโมซิสจะได้มาจากการสังเคราะห์สารขึ้นเอง (osmoprotectant synthesis) และดูดจากดินเข้าสู่เซลล์ คือ น้ำตาลและกรดอะมิโน โดยสารปกป้องสภาพออสโมซิสที่สำคัญ ได้แก่ กลีเซอรอล (glycerol) ซูโครส (sucrose) ทรีฮาโลส (trehalose) โพรลีน (proline) และบีเทน (betaine) หรือไกลซีนบีเทน (glycine-betaine) ซึ่งสารสกัดจากสาหร่ายทะเลมีไกลซีนและบีเทนช่วยปกป้องสภาพออสโมซิสที่ของเซลล์รากพืชได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.3.2 ลดความเครียดเนื่องจากความเค็ม เมื่อพืชได้รับสารสกัดจากสาหร่ายทะเล จะช่วยให้เนื้อเยื่อของพืชมีการสะสมโซเดียมต่ำกว่า เมื่อเทียบกับพืชที่ไม่ได้รับสารสกัดสาหร่ายทะเล

4.3.3 ลดความเครียดจากความหนาวเย็น เมื่อพืชได้รับสารสกัดจากสาหร่ายทะเลทางใบพบว่าศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) ของใบที่ได้รับสารสกัดจากสาหร่ายทะเลมีค่าลดลง

4.3.4 ความต้านทานต่อโรค การพ่นด้วยสารสกัดจากสาหร่ายทะเล ช่วยให้อาการของโรคในพืชที่เกิดจากเชื้อ *Alternaria solani* และ *Xanthomonas campestris* ลดลงและยังทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ในเนื้อเยื่อพืชที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานโรคสูงขึ้นด้วย (Ali *et al*., 2016)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประไพ ทองระอา และคณะ (2560) ศึกษาการใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินร่วมกับปุ๋ยทางใบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยน้าว้าปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทดลองฉีดพ่นสารสกัดจาก *Hapalosiphon* sp. DASH05101 ความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 20 ร่วมกับปุ๋ยทางใบ (สูตร 21-21-21) ให้กับต้นกล้าที่อายุ 30 วัน หลังย้ายปลูก เมื่ออายุ 75 วัน พบว่าการฉีดพ่นสารสกัด 20 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับปุ๋ยทางใบทุกอัตรา (0 25 37.5 และ 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ทำให้ต้นกล้ากล้วยมีความสูง เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสดต้น และขนาดพื้นที่ใบสูงกว่าการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบอย่างเดียวทุกอัตราอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พบว่า สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตให้แก่ต้นกล้ากล้วยได้สูงที่สุด โดยมีความสูง เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสดต้น และขนาดพื้นที่ใบ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้สารสกัด 20 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 37.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

สุภาจรี นิยะมานนท์ และคณะ (2545) ศึกษาการใช้ปุ๋ยจากสาหร่ายทะเลเพื่อเพิ่มผลผลิตกะหล่ำดอกในเขตอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยใช้ปุ๋ยจากสาหร่าย *Sargassum polycystum* C. Agardh และ *Padina australis* Hauck พบว่า ตำรับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 จำนวน 1.5 กรัม ผสมสาหร่ายทะเลผง *Padina australis* Hauck และ *Sargassum polycystum* C. Agardh สัดส่วน 1:1 จำนวน 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ทำให้กะหล่ำดอกมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

Ali *et al*. (2019) ศึกษาผลการพ่นสารสกัดจากสาหร่ายทะเล (*Triticum aestivum* L.) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสาลี 2 พันธุ์ โดยทำการพ่นสารสกัดจากสาหร่ายทะเลที่ 0 1 และ 2 กรัม

ต่อลิตร พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล 2 กรัมต่อลิตร มีคุณสมบัติต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งความสูงของพืช ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ใบ พื้นที่ใบและความยาวรวงข้าว นอกจากนี้ สารสกัดจากสาหร่ายทะเลยังเพิ่มจำนวนรวงข้าวต่อตารางเมตร ผลผลิตเมล็ดและผลผลิตทางชีวภาพให้ร้อยละ 31.85 39.05 และ 39.79 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Bahaa *et al*. (2016) ศึกษาอิทธิพลของไบโอชาร์และสารสกัดจากสาหร่ายทะเล (*Triticum aestivum* L.) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของแร่ธาตุในข้าวสาลี ภายใต้สภาพดินปนทราย ใช้ไบโอชาร์อัตรา 2 และ 5 เปอร์เซ็นต์และใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเลทางใบที่อัตรา 1 และ 2 กรัมต่อลิตร พบว่า การเพิ่มไบโอชาร์และทรีทเม้นต์ที่ใช้สารสกัดสาหร่ายทีละตัวหรือร่วมกันมีผลต่อการกระตุ้นลักษณะทางสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบของผลผลิตส่วนใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับ ทรีทเม้นต์ควบคุมทั้งฤดูกาล โดยการใช้ไบโอชาร์ที่ 2 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารสกัดสาหร่ายทะเลช่วยส่งผลให้เกิดการส่งเสริมกันมากยิ่งขึ้น

Ganapathy and Sivakumar (2014) ศึกษาอิทธิพลของสารสกัดจากสาหร่ายทะเลที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง (*Arachis hypogea* L.) ทำการทดลองโดยใช้ปุ๋ยน้ำจากสาหร่ายความเข้มข้นต่างกันห้าระดับ คือ 1 2 4 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าปุ๋ยน้ำจากสาหร่ายที่พืชได้รับ 2 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด ทั้งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวราก และยอด จำนวนกิ่ง ใบ ราก ปมรากและปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ผลที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Himani *et al*. (2019) ศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายทะเลสีเขียว *Ulva lactuca* ต่อผักชี ลูกซัด และป่วยเล้ง โดยการนำเมล็ดมาแช่ด้วยสารสกัดจากสาหร่ายทะเลเข้มข้นที่ 2 4 6 8 10 เปอร์เซ็นต์ และตัวควบคุม (ไม่ได้รับการแช่สารสกัด) หลังจาก 15 30 45 และ 60 วัน พบว่า ดัชนีความแข็งแรงของเมล็ด ความยาวเมล็ด ความสูง ความยาวของยอด และความยาวของรากมากที่สุดเมื่อใช้เข้มข้นของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์

Jayasinghe *et al*. (2016) ศึกษาผลของปุ๋ยน้ำสาหร่ายทะเล *Ulva lactuca, Sargusum wightti, Kapphaphycus alvarezii* และ *Gracilaria verrucosa* ต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพริกหยวก โดยทดลองใช้ปุ๋ยน้ำจากสาหร่ายความเข้มข้น 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ปุ๋ยน้ำจากสาหร่ายร่วมกับอัตราปุ๋ยเคมีที่แนะนำ 25 ร่วมกับ 75 เปอร์เซ็นต์ 50 ร่วมกับ 50 เปอร์เซ็นต์ 75 ร่วมกับ 25 เปอร์เซ็นต์ อัตราปุ๋ยเคมีที่แนะนำอย่างเดียว และ น้ำอย่างเดียว พบว่าปุ๋ยน้ำจากสาหร่าย 75 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ร่วมกับอัตราปุ๋ยเคมีที่แนะนำ 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พริกหยวกมีน้ำหนักแห้งของราก จำนวนใบ จำนวนดอก จำนวนฝัก และความยาวฝัก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Rathore *et al*. (2008) ศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล (*Kappaphycus alvarezii*) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของถั่วเหลือง (Glycine max) โดยใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเล 7 ความเข้มข้น ได้แก่ ร้อยละ 0 2.5 5 7.5 10 12.5 และ 15 ปริมาตรต่อปริมาตร พบว่า การใช้สารสกัดของสาหร่ายทะเลทางใบที่ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญรองลงมาเป็นสารสกัดจากสาหร่ายทะเล 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ส่งผลให้มีค่าการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารเป็น 57 และ 46 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อเทียบกับตัวควบคุม

Sami *et al*. (2019) ศึกษาการใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเล (*Sargassum vulgare*) เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดแดง ประเทศอียิปต์ โดยใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลแช่เมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงในอัตรา 3 มิลลิลิตรต่อลิตร รวมทั้งการฉีดพ่นทางใบในอัตรา 1 2 และ 3 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า การฉีดพ่นสารสกัดจากสาหร่ายทะเลในอัตรา 3 มิลลิลิตรต่อลิตร ให้ผลดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเม้นต์อื่น ๆ

Sasikala *et al*. (2016) ศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล (*Sargassum tenerrimum*) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum*) โดยทดลองใช้สารสกัดสาหร่ายทะเล 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุดของต้นมะเขือเทศ เมื่อใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเลความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์

Selvakumari *et al*. (2013) ศึกษาการตอบสนองต่อสารสกัดจากสาหร่ายทะเล (*Solanum lycopersicum* L.) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศลูกผสม COTH 2 โดยใช้สารสกัดสาหร่าย 3 สูตร (O6 EM และ MA) แบบเดี่ยวและใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 200:300:200 กิโลกรัม N-P-K ต่อเอเคอร์ พบว่า ทรีทเม้นต์ที่ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับสารสกัดจากสาหร่าย 3 ชนิด มีจำนวนใบ จำนวนกิ่งและดัชนีพื้นที่ใบ การเปิดดอกน้ำหนักผลเดี่ยว ผลผลิตผลไม้ต่อต้น ผลผลิตต่อแปลงและผลผลิตต่อเฮกตาร์ถูกพบว่าสูงขึ้น ผลที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี