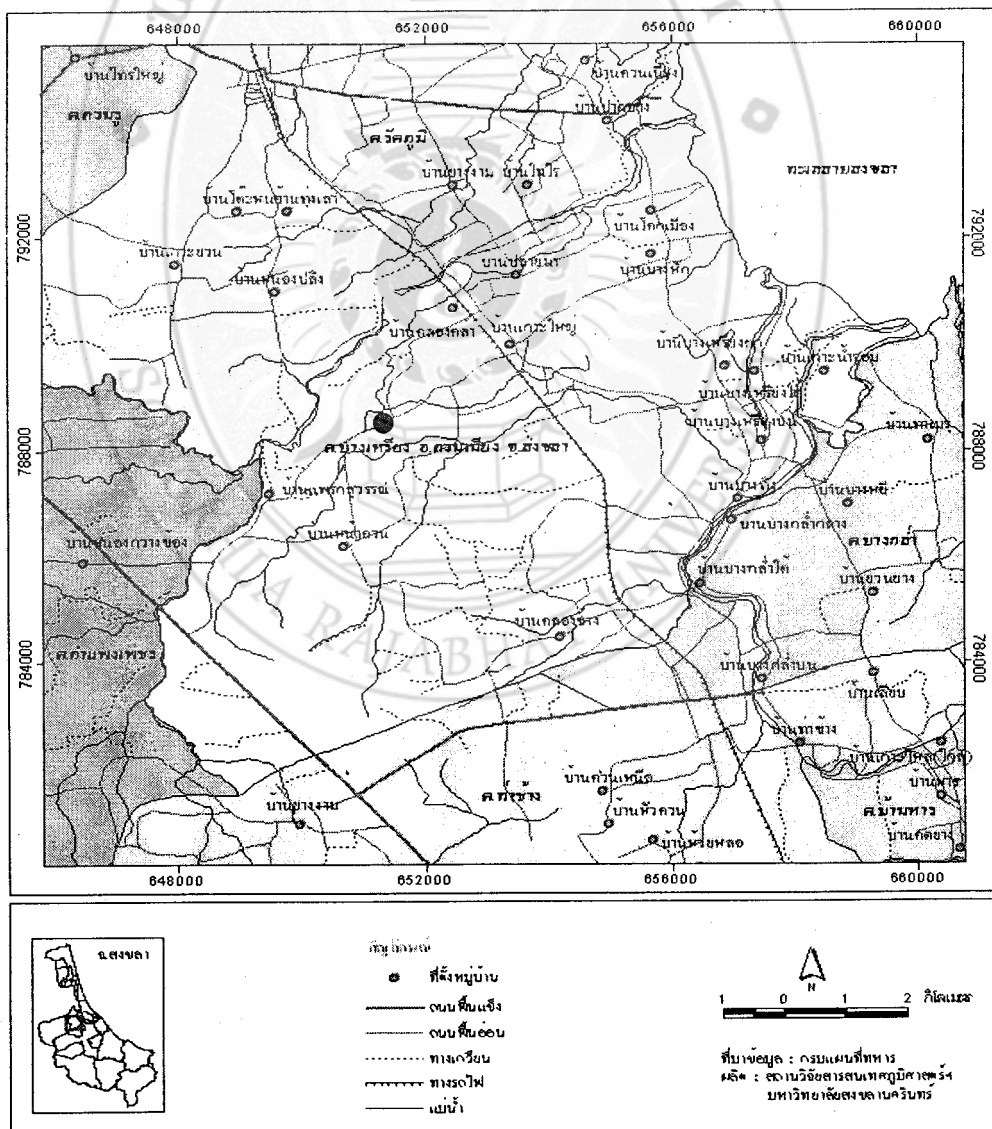


ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของบางเหริยง

2.1.1 ที่ตั้ง อยู่ทางตอนใต้ของที่ว่าการอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา ระยะทางห่างจากที่ว่าการอำเภอควนเนียงประมาณ 8 กิโลเมตร ดังนี้

ทิศเหนือ	จุดเขตองค์การบริหารส่วนตำบลรัตภูมิ	อำเภอควนเนียง	จังหวัดสงขลา
ทิศใต้	จุดเขตองค์การบริหารส่วนตำบลบางกล้า	อำเภอบางกล้า	จังหวัดสงขลา
ทิศตะวันออก	จุดเขตองค์การบริหารส่วนตำบลบางกล้า	อำเภอบางกล้า	จังหวัดสงขลา
ทิศตะวันตก	จุดเขตองค์การบริหารส่วนตำบลกำแพงเพชร	อำเภอรัตภูมิ	จังหวัดสงขลา



2.1.2 เนื้อที่ องค์การบริหารส่วนตำบลบางหริ่ง มีเนื้อโดยประมาณ 69.97 ตารางกิโลเมตร (43,731 ไร่)

2.1.3 ภูมิประเทศ มีสภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสูงและที่ราบลุ่ม มีการปลูกยางพารา ทำการเกษตรกรรม มีแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรอุดมสมบูรณ์ เหมาะสำหรับการทำการเกษตรกรรม มีพื้นที่บางส่วนติดกับทะเลสาบสงขลาเหมาะสำหรับประมงชายฝั่งทะเล และเหมาะสำหรับพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการรายงานการวิจัยของอรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ ได้วิเคราะห์โลหะหนักในผักเศรษฐกิจดังนี้ ตะกั่ว พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (9.5 ppm) ในกระเทียมจากจังหวัดขอนแก่น และมะเขือพวงจากดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (47.4 ppm) ในแตงกวา จากหันกอง จังหวัดสระบุรี

สังกะสี พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (24.7 ppm) ในมะเขือพวงจากดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (193.6 ppm) ในดอกหอม จากจังหวัดเชียงใหม่

แคดเมียม พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (0.31 ppm) ในมะเขือพวงจากดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (13.6 ppm) ในพริกชี้ฟ้า จากรังสิต

ทองแดง พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด (0.12 ppm) ในมะเขือพวงจากดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี สูงสุด (42.5 ppm) ในมะเขือขาว จากดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

ปรอท ส่วนใหญ่ตรวจไม่พบเท่าที่ตรวจมีมากในหัวผักกาด (0.02 ppm) จากดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

นอกจากนี้จากการศึกษาโลหะหนัก (ตะกั่ว, ทองแดง, แคดเมียม และสังกะสี) ในผักคะน้าโดยแยกลำต้นและใบ พบว่าลำต้นมีการสะสมตะกั่ว และแคดเมียมมาก แต่ใบมีการสะสมสังกะสีและทองแดงมาก (เรณูมาส จันทนะ, 2530)

2.3 ความรู้ทั่วไปเรื่องผัก

2.3.1 คะน้า

คะน้า เป็นผักที่คนไทยรู้จักกันดีอยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* เป็นผักที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น เป็นผักอายุ 2 ปี แต่ปลูกเป็นผักอายุปีเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน ผักคะน้ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียและมีปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศจีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซียและประเทศไทย ซึ่งชาวจีนเรียกคะน้าว่า ไก่หลันไซ

พันธุ์คะน้า

พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเป็นคะน้าดอกขาวทั้งสิ้น โดยสั่งเมล็ดจากต่างประเทศเข้ามาปลูกและปรับปรุงพันธุ์ ปัจจุบันพันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 พันธุ์ด้วยกันคือ

1. พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมนและผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 เป็นต้น
2. พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ขื่อห่าง ผิวใบเรียบ ได้แก่ พันธุ์ P.L.20 เป็นต้น
3. พันธุ์ยอดหรือก้าน มีลักษณะใบเหมือนกับคะน้าใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นมีน้อยกว่า ปล้องยาวกว่า ได้แก่ พันธุ์แม่โจ้ 1 เป็นต้น

สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม

คะน้าเป็นผักที่สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมี pH ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่คะน้าก็สามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจากความได้เปรียบกว่าผักตระกูลกะหล่ำอย่างอื่นที่ไม่จำเป็นต้องผ่านการห่อหัวหรือออกดอกก่อนการเก็บเกี่ยว

การเพาะกล้า

แปลงเพาะกล้าควรมีขนาดกว้าง 1 เมตร ส่วนความยาวตามความเหมาะสม การเตรียมดินบนแปลงเพาะกล้าควรขุดไถพรวนดินอย่างดี ตากดินไว้ประมาณ 5-7 วัน ชovelหน้าดินให้ละเอียด แล้วใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วให้มาก คลุกเคล้าให้เข้ากับดินให้ทั่ว จากนั้นจึงหว่านเมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอทั่วแปลง กลบเมล็ดด้วยดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งบางๆ รดน้ำให้ชุ่มด้วยบัวฝอยละเอียด ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน ถอนต้นอ่อนแฉหรือเบียดกันแน่นทิ้งไป ควรใส่สารละลาย สตาร์ทเตอร์โซลูชันรด เพื่อให้ต้นกล้าแข็งแรงสมบูรณ์ดูแลป้องกันโรคแมลงที่เกิดขึ้น เมื่อกล้ามีอายุประมาณ 25-30 วัน จึงทำการย้ายไปปลูกในแปลงปลูกต่อไป

การเตรียมดินปลูก

คะน้าเป็นผักรากต้นจึงควรขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน แล้วนำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วมาใส่ คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงสภาพทางกายภาพและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน พรวนย่อยหน้าดินให้มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะการปลูกแบบหว่านโดยตรงลงในแปลงเพื่อมิให้เมล็ดตกกลิ้งลงไปดินเพราะจะไม่งอกหรืองอกยากมาก ถัดดินเป็นกรดควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

วิธีการปลูก

หลังจากเตรียมดินโดยย่อยหน้าดินให้ละเอียดแล้ว นิยมหว่านเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรงมากกว่าการย้ายกล้า หว่านเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งผิวแปลง ให้เมล็ดห่างกันประมาณ 2-3 เซนติเมตร ใช้ดิน

ผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้น ให้เมล็ดและป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งสะอาดบางๆ รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน

หลังจากคะน้างอกแล้วประมาณ 20 วัน หรือต้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ให้เริ่มทำการถอนแยกครั้งแรก โดยเลือกถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออกให้เหลือระยะห่างระหว่างต้นไว้ประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งต้นอ่อนของคะน้าในวัยนี้เมื่อเด็ดรากออกแล้วสามารถนำไปขายได้ และเมื่อคะน้ามีอายุได้ประมาณ 30 วัน จึงทำการถอนแยกครั้งที่ 2 โดยให้เหลือระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร และต้นคะน้าที่ถอนแยกออกมาในวัยนี้เด็ดรากออกแล้วส่งขายตลาดเป็นยอดผักได้เช่นกัน ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานเป็นยอดผักเพราะอ่อนและอร่อย ในการถอนแยกคะน้าแต่ละครั้งควรทำการกำจัดวัชพืชไปในตัวด้วย โดยใช้แรงงานคนในการถอนและตัดรากนำไปขายซึ่งสามารถทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น สรุปแล้วการปลูกคะน้าในแต่ละฤดูปลูกสามารถขายได้ 3 ครั้ง คือ เมื่อถอนแยกครั้งแรก ถอนแยกครั้งที่ 2 และตอนตัดต้นขาย

การปฏิบัติดูแลรักษา

การให้น้ำ คะน้าเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอเพราะต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการปลูกคะน้าจึงต้องปลูกในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอตลอดฤดูปลูก หากคะน้าขาดน้ำจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตและคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เมล็ดเริ่มงอกยิ่งขาดน้ำไม่ได้เลย วิธีการให้น้ำคะน้าโดยใช้บัวฝอย หรือใช้เครื่องฉีดฝอยฉีดให้ทั่วและชุ่ม ให้น้ำคะน้าวันละ 2 เวลา คือ เช้าและเย็น

การใส่ปุ๋ย เนื่องจากคะน้าเป็นผักกินใบและลำต้นจึงควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง สัดส่วนของธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้คือ N: P: K เท่ากับ 2 : 1: 1 เช่น ปุ๋ยสูตร 12 - 8 - 8 หรือ 20 - 11 - 11 ในอัตราประมาณ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและปริมาณปุ๋ยคอกที่ใช้ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละเท่า ๆ กัน คือ ใส่หลังจากการถอนแยกครั้งแรกและหลังจากถอนแยกครั้งที่สอง อย่างไรก็ตาม หากสังเกตเห็นว่าผักที่ปลูกไม่ค่อยเจริญเติบโตเท่าที่ควรอาจจะใส่ปุ๋ยบำรุงเพิ่มเติม เช่น ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท โดยให้ทางรากหรือละลายน้ำในอัตราประมาณ 3-4 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปี๊บ ฉีดพ่นทางใบ

การเก็บเกี่ยว

คะน้าที่ปลูกในประเทศไทยมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน หลังจากปลูก ซึ่งเป็นระยะที่คะน้าโตเต็มที่ คะน้าอายุ 45 วันเป็นระยะที่ตลาดมีความต้องการมาก แต่คะน้าที่มีอายุ 50-55 วันเป็นระยะที่เก็บเกี่ยวได้น้ำหนักมากกว่า โดยใช้มีดตัดให้ชิดโคนต้น การตัดจะตัดไล่เป็นหน้ากระดานไปเลย เมื่อตัดแล้วบางแห่งมัดด้วยเชือกกล้วยมัดละ 5 กิโลกรัม บางแห่งก็บรรจุถุงโดยไม่มัด ทั้งนี้แล้วแต่ความสะดวกในการขนส่งและผู้ซื้อ อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวคะน้าให้ได้คุณภาพ ความสด รสดีและสะอาดนั้นควรปฏิบัติดังนี้

ผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้น ให้เมล็ดและป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งสะอาดบางๆ รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน

หลังจากคะน้างอกแล้วประมาณ 20 วัน หรือต้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ให้เริ่มทำการถอนแยกครั้งแรก โดยเลือกถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออกให้เหลือระยะห่างระหว่างต้นไว้ประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งต้นอ่อนของคะน้าในวัยนี้เมื่อเด็ดรากออกแล้วสามารถนำไปขายได้ และเมื่อคะน้ามีอายุได้ประมาณ 30 วัน จึงทำการถอนแยกครั้งที่ 2 โดยให้เหลือระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร และต้นคะน้าที่ถอนแยกออกมาในวัยนี้เด็ดรากออกแล้วส่งขายตลาดเป็นยอดผักได้เช่นกัน ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานเป็นยอดผักเพราะอ่อนและอร่อย ในการถอนแยกคะน้าแต่ละครั้งควรทำการกำจัดวัชพืชไปในตัวด้วย โดยใช้แรงงานคนในการถอนและตัดรากนำไปขายซึ่งสามารถทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น สรุปแล้วการปลูกคะน้าในแต่ละฤดูปลูกสามารถขายได้ 3 ครั้ง คือ เมื่อถอนแยกครั้งแรก ถอนแยกครั้งที่ 2 และตอนตัดต้นขาย

การปฏิบัติดูแลรักษา

การให้น้ำ คะน้าเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอเพราะต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการปลูกคะน้าจึงต้องปลูกในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอตลอดฤดูปลูก หากคะน้าขาดน้ำจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตและคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เมล็ดเริ่มงอกยิ่งขาดน้ำไม่ได้เลย วิธีการให้น้ำคะน้าโดยใช้บัวฝอย หรือใช้เครื่องฉีดฝอยฉีดให้ทั่วและชุ่ม ให้น้ำคะน้าวันละ 2 เวลา คือ เช้าและเย็น

การใส่ปุ๋ย เนื่องจากคะน้าเป็นผักกินใบและลำต้นจึงควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง สัดส่วนของธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้คือ N: P: K เท่ากับ 2 : 1: 1 เช่น ปุ๋ยสูตร 12 - 8 - 8 หรือ 20 - 11 - 11 ในอัตราประมาณ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและปริมาณปุ๋ยคอกที่ใช้ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละเท่า ๆ กัน คือ ใส่หลังจากการถอนแยกครั้งแรกและหลังจากถอนแยกครั้งที่สอง อย่างไรก็ตาม หากสังเกตเห็นว่าผักที่ปลูกไม่ค่อยเจริญเติบโตเท่าที่ควรอาจจะใส่ปุ๋ยบำรุงเพิ่มเติม เช่น ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท โดยให้ทางรากหรือละลายน้ำในอัตราประมาณ 3-4 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปี๊บ ฉีดพ่นทางใบ

การเก็บเกี่ยว

คะน้าที่ปลูกในประเทศไทยมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน หลังจากปลูก ซึ่งเป็นระยะที่คะน้าโตเต็มที่ คะน้าอายุ 45 วันเป็นระยะที่ตลาดมีความต้องการมาก แต่คะน้าที่มีอายุ 50-55 วันเป็นระยะที่เก็บเกี่ยวได้น้ำหนักมากกว่า โดยใช้มีดตัดให้ชิดโคนต้น การตัดจะตัดไล่เป็นหน้ากระดานไปเลย เมื่อตัดแล้วบางแห่งมัดด้วยเชือกกล้วยมัดละ 5 กิโลกรัม บางแห่งก็บรรจุถุงโดยไม่มัด ทั้งนี้แล้วแต่ความสะดวกในการขนส่งและผู้ซื้อ อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวคะน้าให้ได้คุณภาพ ความสด รสดีและสะอาดนั้นควรปฏิบัติดังนี้

1. เก็บผักในเวลาเช้าดีกว่าเวลาบ่าย
2. ควรใช้มีดเล็กๆ ตัด อย่าเก็บหรือเด็ดด้วยมือ
3. อย่าปล่อยให้ผักแก่เกินไป
4. ผักที่แสดงอาการ ไม่ปกติควรรีบเก็บเสียก่อน
5. เมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จแล้วควรรีบนำเข้ามาในที่อากาศโปร่งและเย็น
6. ภาชนะที่ใช้บรรจุผักควรมีน้ำควรล้างให้สะอาด

โรคและแมลง

โรคเน่าคอดินของคะน้า สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. หรือ *Phytophthora* sp. เป็นโรคที่เกิดขึ้นเฉพาะในแปลงต้นกล้าเท่านั้น เนื่องจากการหว่านเมล็ดที่แน่นทึบ อับลม และดินเปียกกันมาก ถ้าในแปลงมีเชื้อโรคแล้วต้นกล้าจะเกิดอาการเป็นแผลชำที่โคนต้นระดับดิน เนื้อเยื่อตรงแผลจะเน่าและแห้งไปอย่างรวดเร็ว ถ้าถูกแสงแดดทำให้ต้นกล้าหักพับ ต้นเหี่ยวแห้งตายในเวลารวดเร็ว บริเวณที่เป็นโรคจะค่อย ๆ ขยายกว้างออกไปเป็นวงกลม ภายในวงกลมที่ขยายออกไปจะไม่มีต้นกล้าเหลืออยู่เลย ส่วนกล้าที่โตแล้วจะค่อย ๆ เหี่ยวตายไป

การป้องกันกำจัด ไม่หว่านเมล็ดคะน้าให้แน่นเกินไป ใช้ยาป้องกันกำจัดเชื้อราละลายน้ำในอัตราความเข้มข้นน้อยๆ รดลงไปบนผิวดินให้ทั่วสัก 1-2 ครั้ง ถ้าใช้ยาเทอรากอลซึ่งเป็นยาป้องกันกำจัดเชื้อราในดินโดยตรงจะได้ผลดียิ่งขึ้น แต่โดยทั่วไปแล้วใช้ยาไซเน็บหรือมาเน็บละลายน้ำรดก็ได้ผลบ้างและควรทำทางระบายน้ำให้ดี อย่าให้น้ำขังและในแปลงขณะเป็นต้นกล้า หรือยกแปลงสูงเพื่อให้ระบายน้ำให้เร็วด้วย

โรคราน้ำค้างของคะน้า สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Peronospora parasitica* ลักษณะอาการ ใบจะเป็นจุดละเอียดสีดำอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ ด้านใต้ใบ ตรงจุดเหล่านี้จะมีราสีขาวอมเทาอ่อนคล้ายผงแป้งขึ้นเป็นกลุ่มๆ กระจายทั่วไป ใบที่อยู่ตอนล่างๆ จะมีแผลเกิดก่อนแล้วลุกลามขึ้นไปยังใบที่อยู่สูงกว่า ใบที่มีเชื้อราขึ้นเป็นกลุ่มกระจายเต็มใบจะมีลักษณะเหลืองและใบจะร่วงหรือแห้ง ในเวลาที่อากาศไม่ชื้นจะไม่พบผงแป้งและแผลแห้งเป็นสีเทาดำ โรคนี้ระบาดได้ตั้งแต่ระยะที่เป็นต้นกล้าจนเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งจะทำให้ความเสียหายมากเพราะทำให้ใบเสียมากและเจริญเติบโตช้า โรคนี้ไม่ทำให้ต้นคะน้าตายแต่ทำให้น้ำหนักลดลงเพราะต้องตัดใบที่เป็นโรคทิ้ง ทำให้ได้น้ำหนักน้อยลง

การป้องกันกำจัดให้ฉีดพ่นด้วยยาป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น ไซเน็บ, มาเน็บ, เบนเลท, ไคโพลทาแทน, เบนโนมิล, คาโคนิล, แคปแทน หรือยาชนิดอื่นๆ ที่มีสารทองแดงเป็นองค์ประกอบ แต่สารประกอบทองแดงไม่ควรใช้ในระยะที่ยังเป็นต้นกล้า เพราะจะเป็นพิษต่อต้นกล้า

โรคแผลวงกลมสีน้ำตาลไหม้ สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ใบแก่ที่อยู่ตอนล่างของลำต้นจะเป็นโรคนี้นี้มาก ใบที่เป็นโรคจะมีแผลวงกลมสีน้ำตาลซ้อนกันหลายชั้นเนื้อเยื่อรอบๆ แผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองขนาดของแผลมีทั้งใหญ่และเล็กบนแผลมักจะมีเชื้อราขึ้นบางๆ มองเห็นเป็นผงสีดำ เนื้อเยื่อมุมลงไปเล็กน้อย

การป้องกันกำจัด การฉีดพ่นยาป้องกันกำจัดเชื้อราอยู่เสมอจะช่วยป้องกันกำจัดเชื้อราและเชื้อราโรคอื่นๆ ด้วย ยากำจัดเชื้อราเกือบทุกชนิดให้ผลดียกเว้นเบนโนมิลหรือเบนเลท และกำมะถันที่ไม่ให้ผลแต่อย่างใด

หนอนกระทู้ผัก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Spodoptera litura* ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน เมื่อกางปีกกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร ลำตัวยาว 1.5 เซนติเมตร ปีกคู่หน้ามีจุดสีน้ำตาลเข้ม มีลวดลายเต็มปีก ส่วนปีกคู่หลังสีขาวและบาง ลำตัวมีขนสีน้ำตาลอ่อนปกคลุมอยู่ ตัวเมียวางไข่เป็นกลุ่ม ๆ ตัวเมียวางไข่ได้ประมาณ 200-300 ฟอง โดยมีขนสีน้ำตาลปกคลุมไข่ไว้ ไข่ใหม่ ๆ จะมีสีขาวนวลและจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสีดำเมื่อใกล้ฟักออกเป็นตัวหนอน ไข่มีอายุประมาณ 3-7 วัน ตัวหนอนเมื่อออกจากไข่ใหม่ ๆ จะมีสีเขียวอ่อนหรือสีนวลรวมกันเป็นกลุ่มตรงที่ไข่ฟักออกนั้น หนอนส่วนมากจะออกหากินในเวลากลางวัน ระยะตัวหนอนประมาณ 15-20 วัน จากนั้นจะเข้าดักแด้ตามใต้ผิวดิน ดักแด้มีสีน้ำตาลดำ ยาวประมาณ 1.50-1.80 เซนติเมตร ระยะดักแด้ประมาณ 7-10 วัน จึงเจริญเป็นตัวเต็มวัย

ลักษณะการทำลาย โดยหนอนจะกัดกินใบและก้านใบของคะน้า มักจะเข้าทำลายเป็นหย่อม ๆ ตามจุดที่ผีเสื้อวางไข่ หนอนชนิดนี้สังเกตได้ง่ายคือ ลำต้นอ้วนป้อม ผิวหนังเรียบ คล้ายหนอนกระทู้หอม มีสีสันต่างๆ กัน มีแถบสีขาวข้างลำตัวแต่ไม่ค่อยชัดเจน เมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 3-4 เซนติเมตร เคลื่อนไหวช้า

การป้องกันกำจัด หมั่นตรวจดูสวนผักบ่อย ๆ เมื่อพบหนอนกระทู้ผักให้ทำลายเสีย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดระบาดลุกลามต่อไป หรือฉีดพ่นด้วยสารเคมีเช่น เมโทมิด ให้อัตรา 10-12 กรัมค่อน้ำ 20 ลิตร หรืออาจใช้เมวินฟอส 20 - 30 ซีซีค่อน้ำ 20 ลิตร

หนอนคืบกะหล่ำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Trichoplusia ni* ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดกลาง กางปีกเต็มที่ยาว 3 เซนติเมตร สีเทาดำ กลางปีกคู่หน้ามีจุดสีขาวข้างละ 1 จุด แม่ผีเสื้อจะวางไข่สีขาวนวลได้ใบเมื่อดกลมเล็กๆ ไข่จะถูกวางเดี่ยวๆ ทั่วไป ไข่มีอายุ 3 วันจึงฟักออกเป็นตัวหนอน หนอนที่มีขนาดเล็กจะแทะผิวใบด้านล่าง หนอนในระยะนี้มีสีเขียว ต่อมาสีเข้มขึ้น เมื่อโตเต็มที่มีสีเขียวคล้ำ มีสีขาวพาดยาว หนอนเมื่อโตเต็มที่ยาว 4 เซนติเมตร อายุหนอนประมาณ 2 สัปดาห์ จึงเข้าดักแด้ ดักแด้จะอยู่ใต้ใบคลุมด้วยใยบาง ๆ สีขาว ดักแด้ในระยะแรกจะมีสีเขียวอ่อน ต่อมาสีบางส่วนเป็นสีน้ำตาล มีขนาดยาวเกือบ 2 เซนติเมตร อายุดักแด้ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงเข้าระยะตัวเต็มวัย ซึ่งตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 1 สัปดาห์

ลักษณะการทำลาย หนอนคืบกะหล่ำเป็นหนอนที่กินจุ เข้าทำลายคะน้าในระยะที่เป็นตัวหนอน โดยจะกัดกินเนื้อใบจนขาดและมักจะเหลือเส้นใบไว้ หนอนชนิดนี้เมื่อเกิดระบาดจะแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็วมาก

การป้องกันกำจัด ตรวจดูไข่หรือตัวหนอนในระยะเล็ก ๆ หากพบให้ใช้สารกำจัดแมลงฉีดพ่น เช่น ฟอสดริล, แกลนเนท เป็นต้น หากใช้ในขณะที่ยังมีขนาดเล็กจะได้ผลดี หากการระบาดมีอยู่ตลอดเวลาควรพ่นสารกำจัดแมลงดังกล่าว 5-7 วันต่อครั้ง

2.3.2 ผักกวางตุ้ง

ผักกวางตุ้งเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Brassicaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica.campestris* L.ssp.chinensis (Lour) Rupr เป็นพืชอายุปีเดียว โดยใช้บริเวณส่วนของใบและก้านใบ เป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว อายุการเก็บเกี่ยวสั้นเพียง 35-45 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวได้ เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นำมาประกอบอาหารประเภทผัด แกงจืด ผักจิ้ม เป็นต้น สามารถปลูกได้ทุกฤดูและนิยมปลูกกันทั่วประเทศทั้งในรูปแบบของสวนผักการค้า และสวนผักใกล้บ้านเพื่อบริโภคในครอบครัว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก เป็นระบบรากแก้ว อยู่ในระดับตื้น ส่วนที่ใหญ่ที่สุดของรากแก้ว ประมาณ 1.20 เซนติเมตร มีรากแขนงแตกออกรากแก้วมาก โดยรากแขนงแผ่อยู่ตามบริเวณผิวดิน รากแก้วอาจมีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าดินมีสภาพชื้นและเย็น

ลำต้น ตั้งตรง มีสีเขียว ขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทาน ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.4 -1.8 เซนติเมตร สูงประมาณ 43-54 เซนติเมตร ก่อนออกดอกลำต้นจะสั้น มีข้อถี่มากจนดูเหมือนเป็นกระจุกที่โคนต้น เมื่อออกดอกแล้วในระยะติดผักต้นจะสูงขึ้นมาก โดยเฉลี่ยสูงประมาณ 85-144 เซนติเมตร

ใบ ใบเลี้ยงมี 2 ใบ มีสีเขียว ปลายใบตรงกลางจะเว้าเข้า ส่วนใบจริงจะแตกเป็นกระจุกที่บริเวณโคนต้น เป็นใบเดี่ยว ใบเรียบไม่ห่อหุ้ม สีเขียว ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ขอบใบเป็นรอยฟันเลื่อยเล็กน้อย ใบแก่ผิวใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ไม่มีขน ของใบเรียบหรืออาจมีรอยเว้าตื้นๆ ขนาดเล็ก โคนใบหักเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบมน ก้านใบที่ติดกับลำต้นมีสีเขียวอ่อนเป็นร่องและเรียวกลมขึ้นไปหาแผ่นใบ ก้านใบหนาและมีสีเขียวอมเขียว สำหรับใบที่ช่อดอกจะมีก้านใบยาว 2-3 เซนติเมตร รูปใบเรียวยาวแหลมไปทางฐานใบ และปลายใบ ขอบใบเรียบ

ช่อดอกและดอก กวางตุ้งจะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 55-75 วัน ช่อดอกยาว 50-90 เซนติเมตร ดอกตูมรวมกลุ่มอยู่บนยอดดอกช่อดอก ดอกบานจากด้านล่างไปหาด้านบน ดอกที่บานแล้วมีก้านดอกยาวกว่าดอกที่ตูม ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ ขนาดดอก 1-1.5 เซนติเมตร กลีบชั้นนอกสีเขียวอ่อน 4 อัน ขนาดเล็กกลีบกว้าง 0.1-0.2 เซนติเมตร ยาว 0.7-0.8 เซนติเมตร กลีบชั้นในสีเหลืองสด 4 อัน แยกเป็นกลีบ ๆ ขนาดกลีบกว้าง 0.5-0.6 เซนติเมตรยาว 1.1-1.2 เซนติเมตร มีเกสรตัวผู้ 6 อัน อับเกสรสีเหลืองแก่ ก้านชูเกสรสีเหลือง รังไข่ยาว 0.5-0.6 เซนติเมตร ซึ่งอยู่เหนือกลีบดอกและเกสรตัวผู้ ก้านเกสรตัวเมียสีเขียว ยาว 0.2-0.25 เซนติเมตร ยอดเกสรตัวเมียเป็นคุ่มสีเหลืองอ่อน ดอกบานในตอนเช้าประมาณเวลา 08.00 น.

ผล ผลมีลักษณะเป็นฝัก รูปร่างเรียวยาว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนปลายไม่มีเมล็ด ยาวประมาณ 0.9-1.5 เซนติเมตร และส่วนที่มีเมล็ดยาวประมาณ 3-4.1 เซนติเมตร กว้าง 0.3-0.5 เซนติเมตร ก้านผลยาว 1.3-2.5 เซนติเมตร ผลตั้งขึ้น เมื่อผลแก่จะแตกตามยาวจากโคนไปหาปลายผลเมื่ออ่อนมีสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล

เมล็ด ก่อนข้างกลม มีทั้งสีน้ำตาลและสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผิวเมล็ดมีลายแบบร่างแห เห็นไม่ค่อยชัด น้ำหนัก 1,000 เมล็ดประมาณ 2.5 กรัม

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ผักกวางตุ้งสามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด แต่จะเจริญได้ดีที่สุดในสภาพดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ดี มีอินทรีย์วัตถุสูง ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ควรอยู่ระหว่างสภาพเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงปานกลาง คือ pH อยู่ระหว่าง 6-6.8 ชอบดินที่มีความชื้นสูงเพียงพอสม่ำเสมอ ได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามในประเทศไทยสามารถปลูกผักกาดเขียวกวางตุ้งได้ตลอดปี

พันธุ์

ผักกวางตุ้งที่ปลูกมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากคือ ผักกวางตุ้งใบสำหรับพันธุ์ผักกวางตุ้งใบที่ทางกรมวิชาการเกษตรส่งเสริมแนะนำคือ พันธุ์น่าน 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นผักกาดชนิดไม่ห่อปลี ส่วนกลางของก้านใบค่อนข้างหนา ใบมีสีเขียวอ่อน ความยาวเฉลี่ย 19.5 เซนติเมตร (อายุ 40 วัน) ความหนาของก้านใบเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 1.3 เซนติเมตร ใบสีเขียว ลักษณะขาวรี ความยาวของใบเฉลี่ย 30 เซนติเมตร กว้าง 19 เซนติเมตร ความสูงเมื่ออายุ 40 วัน เฉลี่ย 57.26 เซนติเมตร น้ำหนักต้นเฉลี่ย 550 กรัม ออกดอกเมื่ออายุ 50 วัน

ลักษณะเด่นของพันธุ์น่าน 1 คือ เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตเร็ว อายุสั้น เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุระหว่าง 30-40 วัน น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูง ต้นไม่แตกแขนงทำให้เสียหายน้อยในการบรรจุเพื่อการขนส่ง ไม่ออกดอกก่อนอายุ 40 วันจึงสามารถทยอยเก็บเกี่ยวส่งตลาดได้ตั้งแต่อายุ 30-40 วัน แต่ข้อเสียของพันธุ์น่าน 1 ก็คือ ไม่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง

การเตรียมดิน

เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักที่มีระบบรากตื้น ดังนั้นในการเตรียมดินควรขุดไถดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร แล้วทำการตากดินทิ้งไว้ประมาณ 5-7 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายตัวแล้วให้มาก คลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วทำการไถพรวนให้ดินละเอียด ในกรณีที่ดินมีสภาพเป็นกรดก็ควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับระดับ pH ของดินให้เหมาะสม ขนาดของแปลงปลูกกว้าง 1 เมตร ยาวประมาณ 10 เมตร หรือ ตามความเหมาะสม

การปลูก

ในการปลูกผักกวางตุ้งนิยมทำกัน 2 วิธีด้วยกัน คือ

1. การปลูกแบบหว่านเมล็ดโดยตรง วิธีนี้นิยมใช้ในการปลูกแปลงที่ขั้วร่อง มีร่องน้ำกว้าง และพื้นที่ควรมีการเตรียมอย่างดีและเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นก่อนหว่านควรผสมกับทรายเสียก่อน โดยใช้เมล็ดพันธุ์ 1 ส่วนผสมกับทรายสะอาด 3 ส่วน แล้วหว่านให้กระจายทั่วแปลงสม่ำเสมอแล้วหว่านกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักหนาประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร หลังจากนั้นคลุมด้วยฟางข้าวบางๆ เพื่อช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นในดิน เสร็จแล้วรดน้ำให้ชุ่มหลังจากงอกได้ประมาณ 20 วัน ควรทำการถอนและจัดให้มีระยะระหว่างต้น 20-25 เซนติเมตร

2. การปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถว การปลูกวิธีนี้หลังจากเตรียมดินแล้วจึงทำร่องลึกประมาณ

1.5-2 เซนติเมตร ให้เป็นแถวโดยให้ระยะระหว่างแถวห่างกัน 20-25 เซนติเมตร นำเมล็ดพันธุ์ผสมกับทราย แล้วทำการโรยหรือหยอดเมล็ดเป็นแถวตามร่อง แล้วกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักบางๆ คลุมด้วยฟางข้าว บางๆ รดน้ำให้ชุ่มด้วยสม่าเสมอ หลังจากปลูกได้ประมาณ 20 วัน หรือต้นกล้ามีใบ 4-5 ใบ จึงทำการถอน แยกในแถว โดยพยายามจัดระยะระหว่างต้นให้ห่างกันประมาณ 20-25 เซนติเมตร ให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

การปฏิบัติดูแลรักษา

การให้น้ำ เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักที่ต้องการน้ำมาก และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเกษตรกรจะต้องให้น้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง โดยใช้ระบบพ่นฝอยหรือใช้สายยางฉีดหัวผักบัว อย่าให้ผักกวางตุ้งขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโต เพราะจะทำให้ผักกวางตุ้งชะงักการเจริญเติบโตได้

การใส่ปุ๋ย เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักกินใบและก้านใบ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยควรใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) หรือแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นการเร่งการเจริญเติบโตทางใบและก้านใบให้เร็วขึ้น หรือใช้ปุ๋ยสูตร 20-11-11 หรือสูตรใกล้เคียง ในอัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากใส่ปุ๋ยทุกครั้งควรมีการรดน้ำตามทันที อย่าให้ปุ๋ยตกค้าง

สำหรับการพรวนดินและกำจัดวัชพืช ควรทำให้ระยะแรกพร้อมกับการถอนแยก

การเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของผักกวางตุ้งค่อนข้างเร็ว คือ ประมาณ 35-45 วัน การเก็บเกี่ยวโดยเลือกต้นที่มีขนาดใหญ่ตามต้องการ แล้วใช้มีดตัดที่โคนต้น แล้วทำการตัดแต่งใบนอกที่แก่หรือใบที่ถูกโรคหรือแมลงทำลายออก หลังจากตัดแต่งแล้วจึงบรรจุภาชนะเพื่อส่งจำหน่ายตลาดต่อไป

สำหรับการเก็บรักษา เนื่องจากผักกาดเขียวกวางตุ้งเป็นผักอวบน้ำ ดังนั้นการเก็บรักษาจึงควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิค่าประมาณศูนย์องศาเซลเซียสที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 3 สัปดาห์

โรคและแมลง

โรคและแมลงที่เข้าทำลายผักกวางตุ้งส่วนใหญ่เป็นชนิดเดียวกับที่เข้าทำลายพวกผักกาดขาว คะน้า กะหล่ำปลี และผักกาดหอม ซึ่งมีดังนี้

โรคเน่าคอดิน สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. หรือ *Phytophthora* sp. เป็นโรคที่เกิดขึ้นในแปลงปลูกผักกวางตุ้งที่หวานเมล็ดแน่นเกินไป อับลม และต้นเบียดกันแน่นแสงแดดส่องไม่ถึงโคนต้น ถ้าในแปลงมีเชื้อโรคอยู่แล้วต้นกล้า จะเกิดอาการเป็นแผลซ้ำที่โคนต้นระดับดินเนื้อเยื่อตรงแผลจะเน่าและแห้งไปอย่างรวดเร็ว ถ้าถูกแสงแดดทำให้ต้นกล้าหักหรือพับ เพราะมีแผลซ้ำที่โคนต้นระดับดิน ต้นจะเหี่ยวตายในเวลารวดเร็ว บริเวณที่เป็นโรคจะค่อยๆ ขยายวงกว้างออกไปเป็นวงกลมกว้างขึ้น ภายในวงกลมที่ขยายออกไปจะไม่มีต้นกล้าเหลืออยู่เลย ส่วนต้นที่โตแล้วจะค่อยๆ เหี่ยวตายไป

การป้องกันกำจัด บนแปลงปลูกควรมีการระบายน้ำที่ดีไม่ควรหว่านเมล็ดผักแน่นเกินไป ใช้ยาป้องกันกำจัดเชื้อราละลายน้ำในอัตราความเข้มข้นน้อยๆราดลงไปบนผิวดินบนแปลงให้ทั่ว 1-2 ครั้ง เช่น เทอราคลอเบนฟอร์ด ซึ่งเป็นยาป้องกันกำจัดเชื้อราในดินโดยตรงจะได้ผลยิ่งขึ้น หรือจะใช้ฉีดค้ำมิล เอ็มแซด 72 ละลายน้ำรดก็ได้ผลดี

โรคใบจุดของผักกวางตุ้ง สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Alternaria brassicicola* อาการจะปรากฏที่ใบล่างของลำต้น โดยเริ่มแรกพบเป็นจุดสีเหลืองซีดขนาดเล็ก ต่อมาแผลจะขยายใหญ่ขึ้น และแห้งเป็นสีน้ำตาลอ่อน มีลักษณะค่อนข้างกลม ที่บริเวณแผลจะพบเชื้อขึ้นเป็นวงสีดำซ้อนกันอยู่ แผลเหล่านี้เมื่อรวมกันก่อให้เกิดอาการใบไหม้

การป้องกันกำจัด คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคมี ไธแรม, มาเน็บ 2-3 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม เก็บใบล่างที่แสดงอาการไปเผาทำลาย หรือฉีดพ่นด้วยสารเคมีแมนโคเซปหรือไบโปรไดโอน ในอัตรา 20-30 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อพบอาการ โดยฉีดพ่นทุก 15 วัน

โรคราน้ำค้างของผักกวางตุ้ง สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Peronospora parasitica* อาการจะปรากฏเป็นจุดสีขาวซีดบนใบ ต่อมาแผลขนาดใหญ่ขึ้นแผลซีดสีฟางข้าว ยุบตัวลง แผลมีขนาดรูปร่างไม่แน่นอน เมื่อพลิกดูใต้ใบ ในตอนเช้าที่มีอากาศชื้นจะพบส่วนของเชื้อเจริญเป็นขุยสีขาวฟูขึ้นบริเวณใต้แผลอาการมักเริ่มแสดงที่ใบล่างๆ ก่อนแล้วจึงลุกลามสู่ใบที่อยู่ถัดขึ้นมา หากเป็นรุนแรงใบจะแห้งตายไป

การป้องกันกำจัด คลุกเมล็ดด้วยสารเมทาแลคซิลในอัตรา 7 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม เก็บใบล่างที่แสดงอาการของโรคใส่ถุงพลาสติกแล้วนำไปเผาทำลาย หรือฉีดพ่นด้วยสารเคมีซีเน็บหรือแคปแทน ในอัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อตรวจพบอาการ

เพี้ยอ่อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lipaphis erysimi* ตัวอ่อนของเพี้ยอ่อนออกจากท้องแม่ได้โดยไม่ต้องได้รับการผสมพันธุ์ ตัวอ่อนเมื่อออกจากแม่ใหม่ๆ จะพบว่ามีลำตัวขนาดเล็กมาก ต้องส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ลำตัวมีสีเหลืองอ่อน นัยน์ตาสีดำ ขาทั้ง 3 คู่มีสีเดียวกับลำตัว หนวดสั้น รูปร่างคล้ายตัวเต็มวัย ระยะเป็นตัวอ่อนจะมีการลอกคราบ 4 ครั้ง ตัวอ่อนมีอายุประมาณ 5-6 วัน หลังจากนั้นก็จะเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยมีทั้งพวกที่มีปีกและไม่มีปีก ระยะตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 6-18 วัน ตัวเต็มวัยตัวหนึ่งสามารถออกลูกได้ตลอดชีวิตประมาณ 75 ตัว

ลักษณะการทำลาย เพี้ยอ่อนสามารถเข้าทำลายได้ทั้งในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย โดยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืชทั้งส่วนยอด ใบอ่อนและใบแก่ ลักษณะอาการที่เห็นได้ชัดคือ ส่วนยอดและใบจะหงิกเมื่อจำนวนเพี้ยอ่อนเพิ่มมากขึ้นพืชจะเหี่ยว ใบที่ถูกทำลายจะค่อย ๆ มีสีเหลือง นอกจากนี้เพี้ยอ่อนยังอยู่ตามซอกใบซึ่งเป็นที่รังเกียจของผู้บริโภค

การป้องกันกำจัด เมื่อพบเพี้ยอ่อนเข้าทำลายควรใช้สารเคมีกลุ่มมาลาไรออน เช่น มาลาเทน, มาลาไรออน 83% ในอัตรา 30-55 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร พ่น 2 ครั้ง แต่ครั้งห่างกัน 7 วัน นอกจากนี้อาจใช้ ในอัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำการพ่นเป็นครั้งคราว

หนอนใยผัก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plutella xylostella* ตัวหนอนเกิดจากไข่ที่แม่ผีเสื้อวางไว้ใต้ใบ ไข่มีสีเหลือง ก่อนข้างกลม วางติดกัน 2-5 ฟอง ไข่ฟักประมาณ 3 วัน จึงเป็นตัวหนอน ตัวหนอนมีขนาดค่อนข้างเล็กมองเห็นยาก มีการเจริญรวดเร็วกว่าหนอนอื่นๆ ระยะเวลาเพียง 1 สัปดาห์ ก็จะโตเต็มที่มีขนาด 1 เซนติเมตร ส่วนท้ายมีปุ่มยื่นออกมา 2 แฉก เมื่อถูกตัวจะคืบอย่างแรงและทิ้งตัวลงในดินโดยการสร้างใย ดักแด้มีขนาด 1 เซนติเมตร อยู่ในใยบางๆ ติดใต้ใบ อายุดักแด้ 3-4 วัน ตัวเต็มวัยมีสีเหลืองเทา ตรงส่วนหลังมีแถบสีเหลือง อายุเต็มวัย 1 สัปดาห์ มักพบตัวเต็มวัยตามใบ โดยเกาะอยู่ในลักษณะยกหัวขึ้น

ลักษณะการทำลาย การวางไข่ของแม่ผีเสื้อค่อนข้างหนาแน่น ในต้นหนึ่งจะพบหนอนมากกว่า 10 ตัว หนอนใยผักจะกัดกินผิวด้านล่างใบจนเกิดรูพรุน รอยที่เห็นจะแตกต่างกับหนอนชนิดอื่นและมักจะเข้าไปกัดกินยอดที่กำลังเจริญเติบโต ทำให้ยอดผักเสีย ทำให้เสียคุณภาพ

การป้องกันกำจัด สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารเคมีกำจัดตัวหนอนโดยตรง การใช้เชื้อแบคทีเรียบาซิลลัสทรูรินเจนซิสทำลาย และหมั่นตรวจดูแปลงปลูกอยู่เสมอเมื่อพบตัวหนอนควรรีบทำลายทันที

ด้วงหมัดผัก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Phyllotreta sinuata* ตัวเต็มวัยเป็นแมลงปีกแข็งขนาดเล็ก ยาว 0.5 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยจะวางไข่ในดินบริเวณใกล้ๆ ต้นพืช ตัวอ่อนมีขนาดเล็กสีขาวใส โตเต็มวัยจะกัดกินใบจนเป็นรูพรุน ทำความเสียหายได้ในระยะที่ผักกำลังเจริญเติบโต สำหรับตัวอ่อนที่เป็นหนอนชอบกัดกินราก บางครั้งอาจเกิดการระบาดในระยะที่ยังเป็นต้นกล้า

การป้องกันกำจัด การไถตากดินในฤดูแล้งจะช่วยทำลายตัวอ่อนหรือดักแด้ที่อยู่ในดินได้ กำจัดวัชพืชในบริเวณแปลงผักเพื่อตัดวงจรอาหารของตัวหนอน หรือนิคมพ่นด้วยเซฟวิน 85 หรือแลนเนท

2.3.3. มะเขือยาว

มะเขือชื่อสามัญ Brenjal ชื่อวิทยาศาสตร์ *Solanum melomgena linn* เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceae มะเขือจัดเป็นพืชผักในตระกูลมะเขือเทศ - พริก

ถิ่นกำเนิด มาจากประเทศอินเดีย

ฤดูกาลจะมีการปลูกตลอดปี

อายุการเก็บเกี่ยว 60 – 80 วัน

ลักษณะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวจะเก็บที่ยังคงเป็นผลอ่อน

ส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์จะเป็นเมล็ด

การดูแลรักษา

1. การใส่ปุ๋ยใส่ปุ๋ย 15-15-15 หรือ 13-13-21 อัตรา 1 ช้อนชา/ต้น ทุกๆ 15 -20 วัน โรยห่างโคนต้น 5-10 เซนติเมตร หรือใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์น้อยลงก็ได้

2. การให้น้ำควรรีให้สม่ำเสมอทุกวัน

3. การพรวนดินกำจัดวัชพืชหลังจากปลูกแล้ว ถ้ามีวัชพืชให้รีบกำจัดอย่าปล่อยให้รบกวน เพราะจะทำให้แย่งน้ำอาหารและควรพรวนดินไปด้วยเพื่อให้ดินร่วน

โรค

โรคผลเน่าแห้งสีดำหรือปลายผลดำ ป้องกันและกำจัดโดยใช้ปูนขาวรองก้นหลุม 1-2 ชั้น แยก/หลุมฉีดพ่นธาตุแคลเซียม ในช่วงระยะติดผลไปจนถึงเก็บเกี่ยว

โรคใบจุด ป้องกันและกำจัด โดยใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น กำมะถันผงชนิดละลายน้ำ กาลาเบนเบนเลท ฯลฯ สำหรับกำมะถันควรฉีดพ่นในเวลาเช้ามีดที่มีอากาศเย็น หรือตอนเช้า

2.4 โลหะหนัก

โลหะหนักหมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงตั้งแต่ 5 ขึ้นไป และมีเลขอะตอมระหว่าง 23 – 92 อยู่ในคาบที่ 4-7 ซึ่งมีอยู่ 68 ธาตุจากจำนวนธาตุทั้งหมด 105 ธาตุ คุณสมบัติทางกายภาพของโลหะหนัก คือนำไฟฟ้าและความร้อนดี มีความมันวาว เหนียว สามารถนำมาตีแผ่เป็นแผ่นบางๆ ได้ และสะท้อนแสงได้ดี ส่วนคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของโลหะหนักคือ มีค่าออกซิเดชันได้หลายค่า ดังนั้นโลหะหนักจึงสามารถที่จะรวมกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complexing compound) ได้หลายรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ แต่เดิมโลหะหนักที่พบในสิ่งแวดล้อมมีไม่มาก แต่ด้วยในปัจจุบันมีการนำโลหะหนักมาใช้ผลิตวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการอุปโภคกันอย่างกว้างขวาง ทำให้โลหะหนักมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และด้วยคุณสมบัติของโลหะหนักที่สามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ได้ สารประกอบใหม่ที่เสถียรกว่าเดิมจึงทำให้มีการสะสมในสิ่งมีชีวิต และถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหารมีผลทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไป (Hammond และ Beliles, 1980) ปัจจัยสำคัญต่อระดับความเป็นพิษของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิตคือ คุณสมบัติความเป็นพิษของโลหะหนักนั้นๆ ขนาดหรือปริมาณที่ได้รับ อายุ ความแตกต่างของความต้านทานในแต่ละบุคคล (สุรกี วิจารณ์อารยานนท์, 2530)

2.4.1 แหล่งกำเนิดของโลหะหนัก

แหล่งกำเนิดของสาร โลหะหนักที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์นั้น สามารถแบ่งออกเป็น

3 ลักษณะที่สำคัญ คือ

1) แหล่งอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีกปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นโอกาสที่โลหะหนักซึ่งปนเปื้อนกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทจะถูกถ่ายเทลงในแหล่งน้ำจึงเป็นไปได้สูง อาจสะสมอยู่ในตะกอนดินและบางส่วนอาจถูกพัดเคลื่อนย้ายลงสู่ทะเล โรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ได้แก่ โรงงานผลิตสารเคมี โรงงานทำสีย้อมผ้า โรงงานผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ โรงงานถลุงแร่ ฯลฯ

2) แหล่งเกษตรกรรมประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมอาชีพ และรายได้หลักของประชากรจึงเกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกไม่ว่าจะเป็นการทำนาทำไร่หรือทำสวน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงผลผลิตต่อเนื้อที่ ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศที่อยู่ในแถบร้อนชื้น แผลงและเชื้อโรคต่างๆที่เป็นศัตรูพืช

จึงเจริญได้ดีจึงจำเป็นที่เกษตรกรจะต้องมีการนำยากำจัดศัตรูพืชมาใช้ มีผลให้มียากำจัดศัตรูพืชสะสมอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยากำจัดศัตรูพืชหลายชนิดมีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบอยู่ เช่น ยากำจัดเชื้อรา มีทองแดงเป็นองค์ประกอบอยู่ เป็นต้น ซึ่งยากำจัดศัตรูพืชส่วนใหญ่สลายตัวได้ยาก และสารพิษตกค้างเหล่านี้จะถูกชะพาลงสู่แหล่งน้ำได้เมื่อเกิดการกัดเซาะหน้าดินโดยน้ำฝน

3) แหล่งชุมชน ชุมชนเป็นแหล่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำได้มาก โดยส่วนใหญ่เป็นโลหะหนักที่ปนอยู่กับสิ่งปฏิกูล เช่น ขยะมูลฝอยต่าง ๆ ซึ่งมีชิ้นส่วนวัสดุที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบอยู่ เช่น กระดาษ สีทาบ้าน ถ่านไฟฉาย กากหม้อแบตเตอรี่รถยนต์และเศษภาชนะที่เคลือบด้วยโลหะ เป็นต้น (โสภภาพรรณ จิรนิรัตย์, 2543)

2.4.2 การสะสมของโลหะหนัก

สารพิษโลหะหนักชนิดต่างๆเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำสามารถสะสมตัวอยู่กับตัวกลาง เช่น ดินตะกอน พืชน้ำ สัตว์น้ำ หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำอย่างอิสระได้ในปริมาณต่างๆ กัน ซึ่งปริมาณ โลหะหนักที่ปะปนหรือสะสมอยู่ในตัวกลางเหล่านี้ สามารถที่จะเปลี่ยนรูปหรือเคลื่อนย้ายไปตามห่วงโซ่อาหารได้ ลักษณะการสะสมและการเคลื่อนย้ายในตัวกลางแต่ละชนิดในแหล่งน้ำ สามารถแยกกล่าว รายละเอียดได้ดังนี้

1) การสะสมของโลหะหนักในน้ำ โลหะหนักที่สะสมในแหล่งน้ำมีทั้งในรูปที่ละลายน้ำ (dissolved) และอยู่ในรูปสารแขวนลอย (suspended solid) ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำมีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากความสามารถในการผสมผสานของสารแขวนลอยและพวกที่ละลายน้ำแตกต่างกัน โดยพวกที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยจะมี residence time ยาวนานกว่าพวกที่ละลายน้ำ และจากการที่น้ำมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา มีผลทำให้ตะกอนใต้น้ำลอยตัวขึ้น (resuspension) จึงมีทั้งขบวนการดูดซับ (adsorption) และการคาย (desorption) ของโลหะหนักระหว่างน้ำและตะกอน (Duinker และ Nolting, 1978)

2) การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอน การสะสมโลหะหนักในดินตะกอนนั้น ส่วนหนึ่งเป็นโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากการสะสมตัวตามธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ การชะล้างพวกเกลือแร่ที่อยู่บนพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ หรือเป็นโลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบของแร่ที่มีอยู่ในธรรมชาติบริเวณนั้น ตามสภาพทางธรณีวิทยาแล้วละลายออกมาปะปนอยู่ในน้ำได้ และอีกส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้และการปล่อยโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำอันเป็นผลจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์โดยทั่วไปโลหะหนักสามารถเกิดการสะสมอยู่ในดินตะกอน โดยมีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในน้ำมาก เนื่องจากมีขบวนการเข้ามาเกี่ยวข้องกับทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ องค์ประกอบในดินตะกอนที่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนักได้แก่ พวกคาร์บอนเนตและออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็ก ตลอดจนองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่าง ๆ (จิระ จาตุรานนท์, 2526)

3) การสะสมของโลหะหนักในพืชน้ำ การสะสมของโลหะหนักในพืชน้ำจะสะสมด้วยการดูดซับจากน้ำโดยตรง ซึ่งพืชน้ำจะไม่สามารถควบคุมปริมาณโลหะหนักในตัวเองได้ ปริมาณการสะสมจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นสำคัญ รวมถึงอายุของพืชน้ำเหล่านี้ด้วย ทั้งนี้พืชน้ำต่างชนิดกันก็จะมีการสะสมปริมาณโลหะหนักได้ไม่เท่ากัน

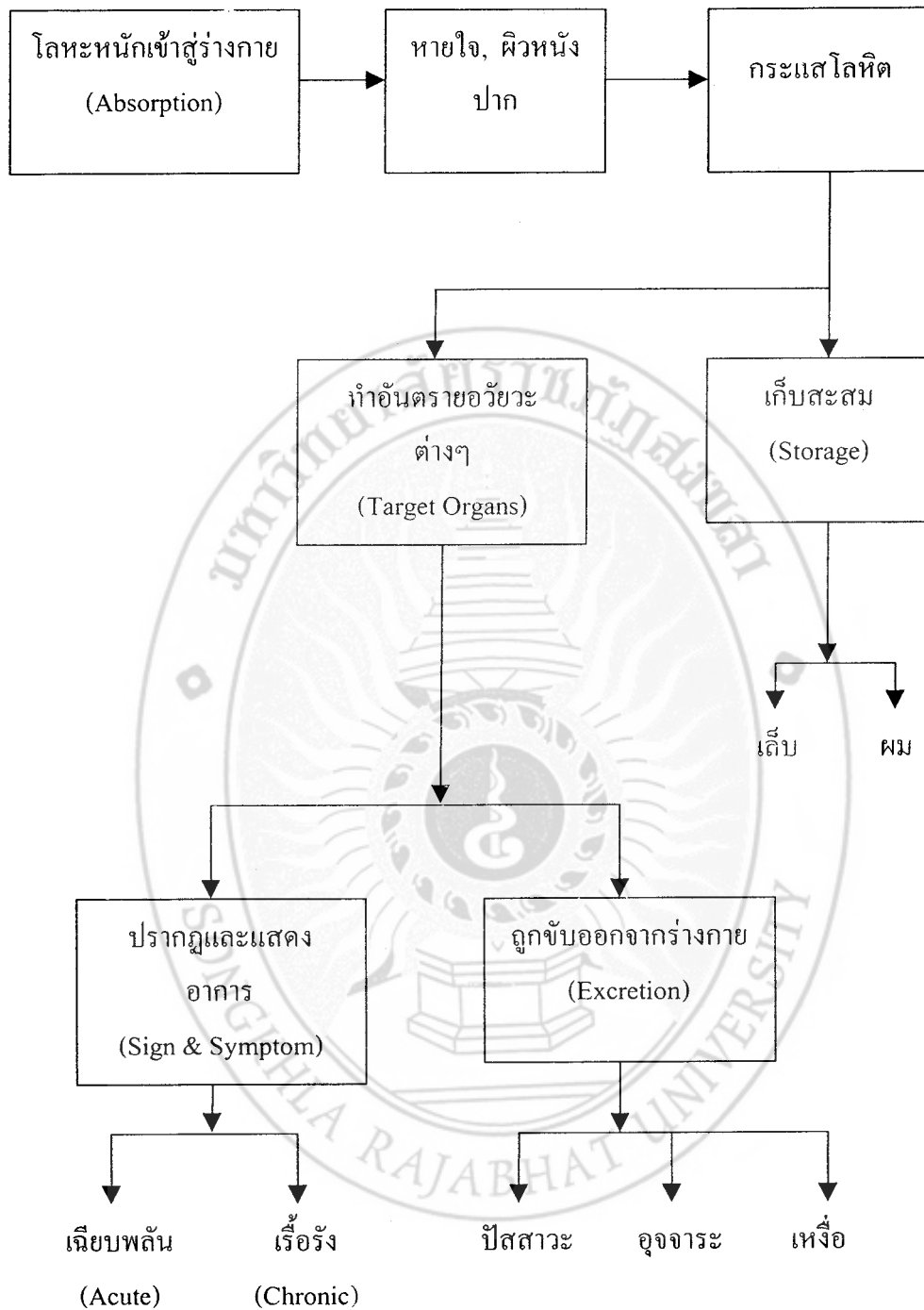
4) การสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำ สัตว์น้ำส่วนใหญ่ได้รับสารพิษโลหะหนักเข้าไปด้วยการกินอาหารในลักษณะต่างๆตามชนิดของสัตว์น้ำนั้น ๆ การสะสมโลหะหนักโดยการดูดซึมจากน้ำเข้าไปโดยตรงเป็นไปได้น้อยมาก การสะสมโลหะหนักในสัตว์น้ำจะเพิ่มขึ้นตามลำดับการบริโภค

2.4.3 พิษของโลหะหนัก

ลักษณะการเป็นพิษของโลหะหนักมักสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารและในกระบวนการทางชีวภาพเมื่อมนุษย์บริโภคเข้าไปโดยตรง เช่น ได้สัมผัส หรือโดยทางอ้อม เช่น บริโภคผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ก็อาจทำให้เกิดอันตรายได้ อย่างไรก็ตามในระหว่างห่วงโซ่อาหารนั้นพิษของโลหะหนักจะสะสมเพิ่มขึ้นกล่าวคือ ถ้าน้ำมีโลหะหนักเข้าสู่ดิน สู่พืช สู่สัตว์ และคนที่รับบริโภคเป็นคนสุดท้ายก็จะได้รับมากกว่าพืชหรือสัตว์เพราะมีการสะสมเพิ่มขึ้น ๆ นั่นเอง โลหะหนักจะเป็นสารพิษก็ต่อเมื่อมีระดับความเข้มข้นสูงเกินกว่าที่กำหนด

สิ่งมีชีวิตตอบสนองต่อพิษของโลหะหนักได้หลายแบบ โดยเฉพาะมีผลที่สำคัญต่อพฤติกรรมในระดับเซลล์ โดยแบ่งออกเป็นแบบต่างๆ ได้ 5 แบบคือ

- (1) ทำให้เซลล์ตาย
- (2) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์
- (3) เป็นตัวการชักนำให้เกิดมะเร็ง
- (4) เป็นตัวทำให้เกิดความผิดปกติแต่กำเนิด
- (5) ทำความเสียหายต่อโครโมโซม (Chromosome)



ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงการเกิดอันตรายของโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย

ที่มา : อภิรดี เมืองเดช, 2543

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายทนได้โดยไม่เกิดอันตราย

ธาตุ	ปริมาณที่ร่างกายทนได้โดยไม่เกิดอันตราย (mg/70 kg)	ปริมาณที่ได้รับต่อวัน (mg)	ปริมาณที่มีบนโลก (ppm)
Aluminium	100	36.4	81,300
Antimony	<90		0.2
Arsenic	<100	0.7	2
Barium	16	16	400
Boron	<10	0.01-1.02	16
Cadmium	30	0.018-0.20	0.2
Calcium	1,050,000		36,300
Cesium	<0.01		1
Chromium	<6	0.06	200
Cobalt	1	0.3	23
Copper	100	3.2	45
Germanium	Trace	0.15	1
Gold	<1		0.005
Iron	4,100	15	50,000
Lead	120	0.3	15
Lithium	Trace	2	30
Magnesium	20,000	500	20,900
Manganese	20	5	1,000
Mercury	Trace	0.02	0.5
Molybdenum	9	0.35	1
Nickel	<10	0.45	80
Niobium	100	0.60	24
Potassium	140,000		25,900
Rubidium	1,200	10	120
Selenium	15	0.06-0.15	0.09
Silver	<1		0.1
Sodium	105,000		28,300

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายทนได้โดยไม่เกิดอันตราย (ต่อ)

ธาตุ	ปริมาณที่ร่างกายทนได้โดยไม่เกิดอันตราย (mg/70 kg)	ปริมาณที่ได้รับต่อวัน (mg)	ปริมาณที่มีบนโลก (ppm)
Strontium	140	2	450
Tellurium	600	0.6	0.002
Tin	30	17	3
Titanium	<15	0.3	4,400
Uranium	0.02		2
Venadium	30	2.5	110
Zinc	2,300	12	65
Zirconium	250	3.5	70

ที่มา : นิภาพร รอดน้อย. 2537 : 16-17

ตะกั่ว

สุรกี โรจน์อารยานนท์, 2530 อ้างถึง Reilly, 1980 กล่าวว่า ตะกั่วเป็นธาตุโลหะชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติทั่วไปคือ มีลักษณะอ่อน สามารถโค้งงอได้ง่าย มีสีน้ำเงินปนเทา เป็นตัวนำไฟฟ้าและนำความร้อนที่เลวและกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิสูง ในธรรมชาติจะไม่พบตะกั่วในรูปโลหะอิสระ แต่จะพบในรูปสารประกอบ โดยอาจอยู่ในลักษณะของสินแร่ซัลไฟด์หรือแร่กำถุนหรือรวมอยู่กับโลหะอื่นๆ เช่น ทองแดง สังกะสี เงิน และแคดเมียม ตะกั่วในธรรมชาติมีแหล่งกำเนิดจากหินประเภทต่าง ๆ ทั้งหินชั้น หินแปร และหินอัคนี ฯลฯ ทั้งนี้จะพบมากในหินดินดานสีดำ มีค่าประมาณ 30 ไมโครกรัม/กรัม (Alloway, 1990) อภิรัตน์ เมืองเดช, 2544 อ้างถึง Burrell และ Davies, 1980 กล่าวว่า นอกจากนี้ยังพบทั่วไปในดิน หิน อากาศ พืชและน้ำ ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นต่ำกล่าวคือ ในดินและหินมีค่าเฉลี่ย 5-25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอากาศ 0.0001-0.001 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในพืช 0.1-2.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง และในน้ำที่ไม่ถูกรบกวนปนเปื้อนในประเทศสหรัฐอเมริกาพบ 0.2 - 2.5 ไมโครกรัม/ลิตร และจากการสำรวจปริมาณตะกั่วในดินตะกอนจากอ่าวจาร์กาดา ประเทศอินโดนีเซีย พบว่ามีความเข้มข้นระหว่าง 9.0-438 ไมโครกรัม/กรัม ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ทั้งอุตสาหกรรมสีกระจกเลนส์ ตัวพิมพ์โลหะ บัดกรี แบตเตอรี่ สายเคเบิล รางรถไฟ ยานพาหนะ ฯลฯ นอกจากนี้ยังใช้ในการสังเคราะห์ tetraethyl lead

การนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายนั้น ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยปนเปื้อนมาจากน้ำฝนหรือขยะหรือกับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน

ชุมชน การเกษตรกรรม จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในอาหารของเด็กวัยก่อนเรียนใน กรุงเทพมหานครของศิริมาศ รัตนวรรณกุล (2532) พบว่าอยู่ในช่วง 0-1.75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งตะกั่วที่ปนเปื้อนอยู่ในธรรมชาติอาจจะอยู่ในรูปสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการเช่น ลักษณะของดินและน้ำ สมบัติทางกายภาพและเคมี เป็นต้น และถ้าหากพื้นที่ใดมีตะกั่วอยู่มากปริมาณที่ตรวจพบในดินตะกอนจะมากตามไปด้วย เพราะเกิดจากการสลายตัวของหินและดินที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่

ในทางการเกษตรกรรมตะกั่วจะมีปนเปื้อนอยู่ในปุ๋ย และสารเคมีที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตและปราบศัตรูพืชที่สำคัญได้แก่ ปุ๋ยฟอสเฟต และเลดอะซิเนต ซึ่งจะมีปริมาณตะกั่วปะปนอยู่ในปริมาณที่สูงเมื่อถูกนำมาใช้จะทำให้ตะกั่วตกค้างอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก (สิทธิชัย ต้นชนะสฤงค์, 2541)

ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายทั้งทางอาหาร ผิวหนัง และการหายใจ จะทำให้เกิดโรคได้ โดยสามารถสะสมในกระแสโลหิต กระดูก เอ็น ฟัน ผม กล้ามเนื้อ น้ำเหลือง ทั้งนี้ตะกั่วจะสามารถถ่ายถอดผ่านรกจากมารดาไปสู่ทารกในครรภ์ได้ และถ้าร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณที่สูงอย่างเฉียบพลัน คือ 0.8 มิลลิกรัม/ลิตร จะทำให้เกิดอาการปวดท้องอย่างรุนแรง ท้องร่วง กล้ามเนื้อ ตับ ไต และสมองล้มเหลว ถึงตายในที่สุด ปริมาณตะกั่วในเลือดของมนุษย์โดยเฉลี่ยมีประมาณ 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดโรคพิษของตะกั่ว แต่สำหรับเด็กปริมาณจะน้อยกว่านี้ ทั้งนี้เนื่องจากความต้านทานต่ำกว่าและ Mahaffey *et al.* (1982) กล่าวว่า การสะสมของตะกั่วในมนุษย์จะเพิ่มขึ้นตามอายุ ระยะเวลาที่ได้รับและเพศชายมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่าเพศหญิง สำหรับพิษเรื้อรังของตะกั่วจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง เนื่องจากตะกั่วไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน (Hammond และ Beliles, 1980) ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่มีหมู่ -SH (Sulhydrin) อยู่ด้วย เช่น โคเอนไซม์ A (CoA.SH) ทั้งก่อให้เกิดเนื้องอกและมะเร็ง การกำจัดตะกั่วของร่างกายมีได้หลายทาง กล่าวคือ ขับออกทางปัสสาวะ 76 เปอร์เซ็นต์ ทางอุจจาระ 16 เปอร์เซ็นต์ และทางผิวหนัง เส้นผมหรือเส้นขนอีก 6 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามในวันหนึ่งๆร่างกายจะขับตะกั่วออกได้รวมกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัมเท่านั้น (Mahaffey *et al.*, 1982)

ทองแดง

ในสภาพธรรมชาติแร่ปฐมภูมิของทองแดงเกิดอยู่ในรูปซัลไฟด์เป็นจำนวนมาก แร่เหล่านี้สลายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพกรดทำให้ทองแดงถูกปลดปล่อยออกมาในรูปไอออน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุโลหะหนักทั่วไป ทองแดงจึงจัดได้ว่าเป็นพวกเคลื่อนที่ได้ดี แต่เมื่อหินหรือแร่ดังกล่าวสภาพมาเป็นดิน ทองแดงซึ่งเป็นธาตุที่ทำปฏิกิริยากับแร่และอินทรีย์สารในดินได้ง่ายจึงสามารถตกตะกอนได้กับแอนไอออนหลายชนิดเช่น ซัลไฟด์ คาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ ทองแดงจึงจัดเป็นพวกที่ค่อนข้างไม่เคลื่อนที่ในดิน ดังนั้นเมื่อดินได้รับทองแดงจากการปนเปื้อนจึงมีการสะสมทองแดงในดินชั้นบน

รูปที่ละลายได้ของทองแดงที่พบมากที่สุดคือ Cu^{2+} อย่างไรก็ตามก็อาจพบทองแดงในรูปไอออนได้หลายชนิดในดิน ตลอดจนสารประกอบต่างๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

รูปแคตไอออน	: Cu^{2+} , Cu^+ , CuOH^+ , $\text{Cu}(\text{OH})_2^{2+}$
รูปแอนไอออน	: HCuO_2^- , CuO_2^{2-} , $\text{Cu}(\text{OH})_3^-$, $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$, $\text{Cu}(\text{CO}_3)_2^{2-}$
สารประกอบ	: CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$

ทองแดงในรูปไอออนถูกยึดไว้ได้ทั้งโดยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในดิน กระบวนการตรึงทองแดงในดินจึงประกอบด้วยปฏิกิริยาชนิดต่างๆ ดังนี้

- 1) การดูดซับ (adsorption)
- 2) การดูดตรึง (occlusion) และตกตะกอนร่วม (coprecipitation)
- 3) การเกิดคีเลต (chelation) กับสารอินทรีย์
- 4) การตรึงโดยจุลินทรีย์ (microbial fixation)

แร่ในดินส่วนใหญ่สามารถดูดซับไอออนของทองแดงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประจุของตัวดูดซับนั้น ซึ่งประจุบนผิวหน้าของตัวดูดซับขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในดินเป็นอย่างมาก ดังนั้นการดูดซับทองแดงจึงขึ้นอยู่กับสภาพกรด-ด่างของดิน ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม เช่น ฮีมาไทต์ เกอไทต์ อกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และแร่ดินเหนียว (มอนต์มอริลโลไนต์ เวอร์มิคิวไลต์ ฯลฯ) สามารถดูดซับทองแดงได้มาก

ทองแดงอาจถูกตรึงโดยการดูดตรึงการตกตะกอนร่วมหรือการแทนที่ใน โครงสร้างของแร่ได้หลายชนิด เช่น แร่ประเภทอะลูมิเนียมและเหล็กไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต และฟอสเฟต และแร่ดินเหนียว ซิลิเกตก็สามารถเกิดขึ้นได้บ้างการดูดซับทางเคมีเช่นนี้อาจเกิดโดยพันธะที่มีออกซิเจนเป็นสะพานเชื่อม เช่น Cu-O-Fe , Cu-O-Al , Cu-O-Mn

การเกิดคีเลตนับเป็นปฏิกิริยาสำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่งของทองแดงในดิน โดยการทำปฏิกิริยากับกรดฟุลวิก และกรดฮิวมิก ตัวอย่างเช่น ทองแดงอาจเกิดคีเลตได้ในปริมาณ 48 ถึง 160 มิลลิกรัมทองแดง / กรัมกรดฮิวมิก และการดูดซับทองแดงโดยวิธีนี้ในดินพืด ซึ่งเป็นดินอินทรีย์อาจสูงถึง 130-190 มิลลิกรัมทองแดง / 100 กรัมพืด ซึ่งทองแดงในรูปที่ถูกตรึงเช่นนี้จะค่อนข้างเสถียร

การตรึงทองแดงโดยจุลินทรีย์ดินนั้นเป็นการสะสมทองแดงในดินบนทางชีวภาพ ซึ่งปริมาณที่ถูกตรึงเช่นนี้ขึ้นกับปริมาณของทองแดงในดิน สมบัติของดิน และฤดูกาลเป็นอย่างมาก

โดยทั่วไปทองแดงจะสะสมในดินบนโดยถูกดูดซับที่พื้นผิวของอนุภาคแร่ดินเหนียวในดิน และโดยการเกิดคีเลตกับสารอินทรีย์ ในกรณีที่เกิดคีเลตดังกล่าวอยู่ในสภาพละลายได้หรือในดินเนื้อหยาบก็อาจพบว่ามี การสะสมทองแดงในดินชั้นล่างได้

ทองแดงในรูป cuprousion ที่มีวาเลนซ์เท่ากับหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ดีกว่าในรูป cupricion ที่มีวาเลนซ์เท่ากับสอง ซึ่งทองแดงจะอยู่ในรูปใดนั้นขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นอย่างมาก เมื่อความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้นมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 ทองแดงจะอยู่ในรูป cuprousion เป็นส่วนใหญ่ทำให้ทองแดงอยู่ในสภาพละลายได้มากขึ้น นอกจากนั้นในสภาพเช่นนี้ทองแดงในสภาพคีเลตก็แตกตัวได้มากขึ้น

ทำให้ทองแดงอยู่ในสภาพละลายได้เพิ่มขึ้นอีก ซึ่งสภาพดังกล่าวนี้อาจเกิดได้จากการใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต หรือปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลตกค้างเป็นกรดในอัตราสูง

ปริมาณในดินและพืช

ทองแดงมีค่าเฉลี่ยในดินตั้งแต่ 9 ถึง 29 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของดินส่วนใหญ่อยู่ในค่าระหว่าง 13 ถึง 24 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับปริมาณที่พบในดินปนเปื้อนด้วยทองแดงและถือว่าดินมีการปนเปื้อนนั้นใช้ค่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร โดยอาจพบทองแดงได้มากถึง 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับปริมาณทองแดงในพืชพบได้ตั้งแต่ 1 ถึง 9 มิลลิกรัม/ลิตร ในดินที่มีการปนเปื้อนอาจพบทองแดงในพืชในปริมาณที่สูง ปริมาณทองแดงในพืชทั้งต้นที่ถือว่ามีการปนเปื้อนคือ 20 มิลลิกรัม/ลิตร โดยที่ทองแดงมีการสะสมที่รากอยู่มากที่สุด และมีในเมล็ดในปริมาณที่ต่ำ

การปนเปื้อน

แหล่งการปนเปื้อนของทองแดงในดินที่สำคัญมี 4 แหล่งใหญ่ๆ ด้วยกันคือฝุ่นผงจากโรงงานน้ำโสโครก และน้ำทิ้งจากการบำบัดน้ำเสียในเมือง น้ำจากเหมืองแร่ และจากสารฆ่าราที่เข้าทองแดง

ในพื้นที่ที่ใช้สารฆ่าราหลายแห่งจะพบปริมาณทองแดงในดินบนในปริมาณที่สูงมาก เช่น ในดินเนื้อหยาบบริเวณสวนส้มในรัฐฟลอริดา สารฆ่าราทำให้เกิดอาการเป็นพิษของทองแดงในพืชสวนแอปเปิลในประเทศอังกฤษมีทองแดงสะสมบริเวณผิวดินสูงถึง 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในบริเวณสวนองุ่นในประเทศฝรั่งเศสและอิตาลี ตัวอย่างเช่น สวนองุ่นเก่าใกล้เมืองบอร์โด (Bordeaux) ประเทศฝรั่งเศสมีปริมาณทองแดงในดินบนสูงถึง 845 มิลลิกรัม/ลิตร และ 25% ของปริมาณดังกล่าวอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ แม้ในประเทศญี่ปุ่น พื้นที่ปลูกองุ่นเก่าแก่ที่สุดของประเทศในเขตเมื่อยามานิชิ (Yamanishi prefecture) ซึ่งมีการใช้สารผสมบอร์โด (Bordeaux mixture) มาเป็นเวลานาน มีอัตราการสะสมทองแดงในดินบนถึงปีละ 10 มิลลิกรัม/ลิตร (ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539)

ผลของทองแดงต่อสภาพแวดล้อม

โดยปกติพืชจะดูดกินทองแดงได้ในปริมาณไม่มากแต่ในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของทองแดงได้สูงเช่นบริเวณท้ายเหมือง หรือในฟาร์มที่ใช้มูลสุกรเหลวที่มีการผสมทองแดงและสังกะสีในอาหารสุกร ก็จะมีธาตุทองแดงในพืชที่ปลูกได้มาก

พืชตระกูลถั่วเป็นพืชจากทองแดงได้ง่ายกว่าธัญพืช ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ด้วย EDTA ตั้งแต่ 15 มิลลิกรัม/ลิตร ขึ้นไปจะเริ่มเป็นพิษต่อถั่วเหลืองและจะเป็นพิษต่อถั่วโคลเวอร์ (clover) เมื่อมีปริมาณในดินถึง 30 มิลลิกรัม/ลิตร ขณะที่ธัญพืชเช่นข้าวโอ๊ตจะยังไม่แสดงอาการเป็นพิษจนถึง 100 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณทองแดงในถั่วจะสูงกว่าในหญ้าเช่นกัน การปลูกถั่วผสมหญ้าจึงเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ที่ต้องการทองแดงมาก

การรดใบหรือพ่นมูลสุกรเหลวทางใบ เป็นการกระทำที่มีความเสี่ยงสูงกับพืชอาหารสัตว์ เพราะสัตว์จะกินใบโดยตรง จึงเป็นการกินทองแดงและสังกะสีที่พืชดูดกินรวมกับที่มีอยู่ในของเสี้ยวที่จับอยู่บนผิวใบโดยตรงอีกด้วย ลักษณะเช่นนี้ย่อมเป็นอันตรายต่อสัตว์ชนิดที่ไวต่อพิษของทองแดงเป็นอย่างมาก

ทำให้ทองแดงอยู่ในสภาพละลายได้เพิ่มขึ้นอีก ซึ่งสภาพดังกล่าวนี้อาจเกิดได้จากการใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต หรือปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลตกค้างเป็นกรดในอัตราสูง

ปริมาณในดินและพืช

ทองแดงมีค่าเฉลี่ยในดินตั้งแต่ 9 ถึง 29 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของดินส่วนใหญ่อยู่ในค่าระหว่าง 13 ถึง 24 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับปริมาณที่พบในดินปนเปื้อนด้วยทองแดงและถือว่าดินมีการปนเปื้อนนั้นใช้ค่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร โดยอาจพบทองแดงได้มากถึง 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับปริมาณทองแดงในพืชพบได้ตั้งแต่ 1 ถึง 9 มิลลิกรัม/ลิตร ในดินที่มีการปนเปื้อนอาจพบทองแดงในพืชในปริมาณที่สูง ปริมาณทองแดงในพืชทั้งต้นที่ถือว่ามีการปนเปื้อนคือ 20 มิลลิกรัม/ลิตร โดยที่ทองแดงมีการสะสมที่รากอยู่มากที่สุด และมีในเมล็ดในปริมาณที่ต่ำ

การปนเปื้อน

แหล่งการปนเปื้อนของทองแดงในดินที่สำคัญมี 4 แหล่งใหญ่ๆ ด้วยกันคือฝุ่นผงจากโรงงานน้ำไฮโครก และน้ำทิ้งจากการบำบัดน้ำเสียในเมือง น้ำจากเหมืองแร่ และจากสารฆ่าราที่เข้าทองแดง

ในพื้นที่ที่ใช้สารฆ่าราหลายแห่งจะพบปริมาณทองแดงในดินปนเปื้อนในปริมาณที่สูงมาก เช่น ในดินเนื้อหยาบบริเวณสวนส้มในรัฐฟลอริดา สารฆ่าราทำให้เกิดอาการเป็นพิษของทองแดงในพืชสวนแอปเปิลในประเทศอังกฤษมีทองแดงสะสมบริเวณผิวดินสูงถึง 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในบริเวณสวนองุ่นในประเทศฝรั่งเศสและอิตาลี ตัวอย่างเช่น สวนองุ่นเก่าใกล้เมืองบอร์โด (Bordeaux) ประเทศฝรั่งเศสมีปริมาณทองแดงในดินบนสูงถึง 845 มิลลิกรัม/ลิตร และ 25% ของปริมาณดังกล่าวอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ แม้ในประเทศญี่ปุ่น พื้นที่ปลูกองุ่นเก่าแก่ที่สุดของประเทศในเขตเมืองยามานาชิ (Yamanashi prefecture) ซึ่งมีการใช้สารผสมบอร์โด (Bordeaux mixture) มาเป็นเวลานาน มีอัตราการสะสมทองแดงในดินบนถึงปีละ 10 มิลลิกรัม/ลิตร (ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539)

ผลของทองแดงต่อสภาพแวดล้อม

โดยปกติพืชจะดูดกินทองแดงได้ในปริมาณไม่มากแต่ในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของทองแดงได้สูงเช่นบริเวณท้ายเหมือง หรือในฟาร์มที่ใช้มูลสุกรเหลวที่มีการผสมทองแดงและสังกะสีในอาหารสุกรก็จะมีธาตุทองแดงในพืชที่ปลูกได้มาก

พืชตระกูลถั่วเป็นพิษจากทองแดงได้ง่ายกว่าธัญพืช ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ด้วย EDTA ตั้งแต่ 15 มิลลิกรัม/ลิตร ขึ้นไปจะเริ่มเป็นพิษต่อถั่วเหลืองและจะเป็นพิษต่อถั่วโคลเวอร์ (clover) เมื่อมีปริมาณในดินถึง 30 มิลลิกรัม/ลิตร ขณะที่ธัญพืชเช่นข้าวโอ๊ตจะยังไม่แสดงอาการเป็นพิษจนถึง 100 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณทองแดงในถั่วจะสูงกว่าในหญ้าเช่นกัน การปลูกถั่วผสมหญ้าจึงเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ที่ต้องการทองแดงมาก

การรดใบหรือพ่นมูลสุกรเหลวทางใบ เป็นการกระทำที่มีความเสี่ยงสูงกับพืชอาหารสัตว์ เพราะสัตว์จะกินใบโดยตรง จึงเป็นการกินทองแดงและสังกะสีที่พืชดูดกินรวมกับที่มีอยู่ในของเสียที่จับอยู่บนผิวใบโดยตรงอีกด้วย ลักษณะเช่นนี้ย่อมเป็นอันตรายต่อสัตว์ชนิดที่ไวต่อพิษของทองแดงเป็นอย่างมาก



เช่น และ การป้องกันแก้ไขจึงควรกระทำโดยการยืดเวลาไม่ให้สัตว์กินจนกว่าปริมาณธาตุพิษที่เกาะใบจะลดลง หรือเลี้ยงสัตว์ที่ไม่ไวต่อพิษของทองแดงและการป้องกันที่สำคัญก็คือไม่ควรให้มูลสุกรเหลวแก่พืชในอัตราที่สูงเกินไป อัตรามูลสุกรเหลวประมาณ 950 – 1,200 กิโลกรัม./ไร่/ปี ถือเป็นอัตราที่ให้ปุ๋ย N P K เหมาะสมต่อพืชที่ยอมรับได้ในดินทั่วไป

อภิริตี เมืองเดช (2543) อ้างว่า Sutton *et al.* (1983) ได้ทดลองใช้มูลสุกรเหลวรดข้าวโพดในอัตรา 90, 180 และ 270 ตัน/เฮกตาร์ (15, 30, 45 ตัน/ไร่) โดยได้เพิ่มทองแดงในอาหารสุกร 0, 125, 250 มิลลิกรัม/ลิต Cu หลังจากใช้มูลสุกรรดข้าวโพดทุกปีเป็นเวลาทั้งสิ้น 4 ปี ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ด้วยกรดเกลือในดินบน (0-30 ซม.) เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่มีการสะสมทองแดงในดินล่าง ผลผลิตของข้าวโพดยังไม่ถูกยับยั้งจากพิษของทองแดงในอัตราที่ใส่นี้และปริมาณทองแดงในใบพืชยังไม่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด

อย่างไรก็ดีโอกาสที่จะพบทองแดงในดินเป็นอันตรายต่อมนุษย์นั้นแทบจะไม่มีเลย เพราะทองแดงเป็นพืชต่อพืชได้ง่าย พืชโดยส่วนใหญ่จะมีอาการเป็นพิษเมื่อมีทองแดงในสารละลายดินแม้ในปริมาณไม่มาก พืชที่มีอาการเป็นพิษจากทองแดงจะพบว่ามีปริมาณทองแดง 25-40 มิลลิกรัม/ลิตร โดยน้ำหนักแห้งในญี่ปุ่นค่าสูงสุดของทองแดงที่ยอมรับให้มีได้ในดินนา คือ มีค่าไม่เกิน 125 มิลลิกรัม/ลิตร โดยวิธีการสกัดด้วย 0.1 N HCl สำหรับในน้ำคั้นจะมีทองแดงได้ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร ในอาหารสัตว์และหญ้าเลี้ยงสัตว์มีได้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร ความเป็นพิษของทองแดงในอาหารสัตว์อาจทำให้ลดลงได้โดยให้อาหารที่มีธาตุสังกะสี เหล็ก หรือ โมลิบดีนัมอยู่สูง นอกจากนั้นหากมีการปนเปื้อนของทองแดงในน้ำแล้วจะเป็นอันตรายต่อปลาได้ง่าย เพราะปลาเป็นสัตว์ที่ไวต่อพิษของทองแดงมาก (สุกมาส พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539) เพราะมีสภาพเคลื่อนที่ในดินได้สูง

ทองแดงเข้าสู่ร่างกายร่างกายจะดูดซับเท่าที่จำเป็น ซึ่งผู้ใหญ่ต้องการทองแดงวันละ 2 มิลลิกรัม/วัน และร่างกายของคนเรามีทองแดงอยู่ 100 – 150 มิลลิกรัม ทองแดงที่มากเกินไปจะถูกขับออกมา หลังจากดูดซึมแล้วทองแดงจะเข้าสู่กระแสโลหิตรวมตัวกับอัลบูมิน และที่ตับก็จะเกิดขบวนการเปลี่ยนแปลงทองแดง ถ้าร่างกายมีปริมาณทองแดงมากเกินไปจะทำให้เกิดโรคได้ เช่น โรควิลสัน เป็นโรคทางประสาทชนิดหนึ่ง (เรณูมาส จันทนะ, 2530)

แคดเมียม

เป็นโลหะอ่อน มีสีเงิน มีจุดหลอมตัว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 769 องศาเซลเซียส และมีความหนาแน่น 8.65 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ที่ 20 องศาเซลเซียส) ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เนื่องจากแคดเมียมมีโครงสร้างอะตอมและคุณสมบัติทางเคมีคล้ายสังกะสี จึงมักพบแคดเมียมในแหล่งแร่สังกะสีและแร่โลหะอื่น ๆ แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีปริมาณน้อยในธรรมชาติ ซึ่งมักจะพบแคดเมียมอยู่ในรูปซัลไฟด์ (CdS) โดยปกติพบบนผิวโลกประมาณ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Alloway, 1990) ในน้ำจืดมีอยู่ประมาณ 0.001 – 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำทะเลมีประมาณ 0.0001 มิลลิกรัม/ลิตร (Mc.Neely *et al.*, 1979) นอกจากนี้แคดเมียมยังถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินเหนียวให้ตกตะกอน ทั้งนี้ปริมาณแคดเมียมในดินจะเปลี่ยน

ไปตามลักษณะและกำเนิดของดินด้วยเช่นกัน โดยดินที่เกิดจากหินชั้นจะมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าดินที่เกิดจากหินอัคนีหรือหินแปร (Alloway, 1990)

การนำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มปริมาณสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจากข้อมูลการใช้ทั่วโลกในปี 1960 มีปริมาณ 11,000 ตัน เพิ่มขึ้นเป็น 19,000 ตัน ในปี 1985 (Alloway, 1990) โดยมีการนำมาใช้ในหลาย ๆ ด้าน คือ ใช้ร่วมกับนิกเกิลเพื่อทำแบตเตอรี่ ใช้ทำโลหะผสม ใช้ผสมสีบางชนิด ยางและพลาสติก ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวหรือชุบโลหะ และใช้ผสมในสารฆ่าเชื้อราและปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสเฟตจะมีแคดเมียมเจือปนมากกว่าปุ๋ยชนิดอื่น

เนื่องจากแคดเมียมในธรรมชาติเองมีน้อย ดังนั้นแคดเมียมที่เจือปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจึงมักเป็นผลมาจากกิจกรรมมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ สำหรับในอาหารทั่วไปความเข้มข้นที่พบน้อยที่สุดอยู่ในน้ำมัน เนื้อ ปลา และผลไม้จะพบอยู่ในช่วง 1-50 มิลลิกรัม/ลิตร ในข้าว มันฝรั่ง ข้าวสาลี ความเข้มข้นจะอยู่ในช่วง 10 - 150 มิลลิกรัม/ลิตร อาหารที่มีแคดเมียมสูงสุด คือ หอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง ซึ่งมีอยู่ในช่วง 100 - 1000 มิลลิกรัม/ลิตร (Bernard และ Lauwerys, 1986) นอกจากนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในพืชที่ใช้บริโภค พบว่ามีความเข้มข้นระหว่าง 0.038 - 0.088 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ชูชาติ โชคสถาพร, 2528) ซึ่งปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในดินและพืชจะสัมพันธ์กับการจราจรคือ ดินที่อยู่ใกล้ถนนจะมีแคดเมียมอยู่สูงกว่าดินที่อยู่ห่างจากถนน (สิทธิชัย ดันธนะสฤษฎี, 2525) กล่าวว่า สภาพการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันบนที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนของพื้นที่ที่ทำเกษตรกรรมมีปริมาณที่สูงที่สุดคือ 2.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่ป่าดิบเขา ซึ่งมีปริมาณ 1.83 0.56 และ 0.55 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แคดเมียมเป็นโลหะที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและยังก่อให้เกิดพิษต่อร่างกาย แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางอาหารและการหายใจ การดูดซึม การสะสม และการกำจัดแคดเมียมออกจากร่างกายจะขึ้นอยู่กับทางที่ได้รับแคดเมียมเข้าไป คุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพของแคดเมียม ทั้งนี้พบว่า การดูดซึมที่บริเวณทางเดินอาหารจะต่ำมาก ประมาณร้อยละ 2-8 ซึ่งขึ้นกับองค์ประกอบของอาหารอันได้แก่ โปรตีน วิตามิน แคดเซียม ส่วนการได้รับแคดเมียมทางลมหายใจจะขึ้นอยู่กับขนาด และการละลายของแคดเมียม โดยร่างกายจะดูดซึมร้อยละ 10.5 ของปริมาณที่หายใจเข้าไป (Elinder, 1982) สำหรับคนที่สูบบุหรี่นั้น จะได้รับแคดเมียมประมาณ 30-35 ไมโครกรัม/วัน ความเป็นพิษของแคดเมียมนั้น จากรายงานของ Berman (1980) กล่าวว่าถ้าร่างกายได้รับแคดเมียมจากอาหารในปริมาณสูงหรือได้รับ 10-15 มิลลิกรัม จากเครื่องดื่มจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ ปวดหัว เป็นตะคริว ปวดท้อง ท้องร่วงอย่างรุนแรงและอาจช็อคตายได้ส่วน การหายใจเอาอากาศที่มีแคดเมียมออกไซด์ เข้มข้น 15 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือมีความเข้มข้นสูงกว่าในระยะเวลาสั้นจะเกิดอาการคอแห้ง ระคายคอ แน่นหน้าอก หายใจไม่ออก ปวดหัว เป็นตะคริว ในที่สุดจะเป็นโรคปอดบวม ปอดอักเสบ และตายได้ใน 4-7 วันในวันที่ได้รับ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดไตอักเสบและการทำงานของตับเสื่อมลง (Elinder, 1982) ในกรณีที่ร่างกายได้รับแคดเมียมเป็นเวลานานจะทำให้กระดูกอ่อนเสียรูปแบบทำให้เจ็บปวดมากที่เรียกว่าอิต-อิต แคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายแล้วประมาณร้อยละ 10

เท่านั้นที่ถูกขับออกจากร่างกาย ส่วนที่เหลือจะสะสมอยู่ตามอวัยวะต่างๆ โดยสะสมอยู่ที่ตับและไตมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 50-70

2.5 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนัก

จากการที่ทั่วโลกให้ความสนใจในการตรวจหาการปนเปื้อนของโลหะหนักที่อยู่ในผัก ซึ่งเป็นสิ่งที่ทั่วโลกเห็นประโยชน์ จึงมีความจำเป็นต้องมีมาตรฐานในการควบคุมปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในผักเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

2.5.1 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในผักของประเทศอังกฤษ

กลุ่มอาหาร	ปริมาณโลหะหนัก (mg/kg)							
	As *10 ⁻³	Cd *10 ⁻³	Cr	Cu	Pb *10 ⁻³	Hg *10 ⁻³	Ni *10 ⁻³	Zn
ผักสีเขียว	3	23	0.2	0.84	61	0.4	88	3.9
มันฝรั่ง	2	26	0.1	1.30	3	1.0	62	3.3
ผักอื่นๆ	5	11	0.1	0.91	15	0.6	78	2.4
ผักกระป๋อง	1	6	0.1	1.50	12	0.9	31	4.2
ผลไม้สด	2	2	<0.1	0.94	3	0.6	38	0.9
ผลิตภัณฑ์ผลไม้	2	1	<0.1	0.73	18	0.8	48	0.7

หมายเหตุ * การตรวจพบต่ำกว่าขีดจำกัดเป็นการคาดคะเนจุดกึ่งกลางครั้งหนึ่งในการตรวจพบ

ที่มา : www.europe.eu.int/comm/food

2.5.2 เกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย

ประเภทอาหาร	เกณฑ์กำหนด (ppm)
ผลไม้	0.1
ผัก	0.1
ธัญพืช	0.2
เนื้อสัตว์ (หมู วัว ไก่)	0.1
เครื่องใน (หมู วัว ไก่)	0.5
ปลา	0.2
กุ้ง	0.5
หอย	1.0
น้ำผลไม้	0.05
ไวน์	0.2
อาหารเด็ก	0.02

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2532

2.5.3 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในผักของประเทศเวียดนาม

Metal	Volume (mg/kg)
Cd	0.03
Hg	0.06
Cu	2.00
Pb	0.60
As	0.20
Ni	3.00
Zn	30.00
Bo	1.80
Afatoxin	0.005
Tin	200.00
Titan	0.30
Patulin	0.05

ที่มา : www.lei.dlo.nl/vegsys

2.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยงความแม่นยำ มีสภาพไวสูงและเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมากประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงนัก ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัยโดยทั่วไปจะมีเครื่องมือ AAS อยู่ด้วยเสมอ ความสามารถของเทคนิคนี้สูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ซึ่งนับว่ามากพอควรสำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียว ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.1 หลักการของอะตอมมิคแอบซอร์พชัน (principles of Atomic Absorption)

อะตอมมิคแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่มีความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่างๆกัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้

2.6.2 เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

1. **Flame Atomization Technique** เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม
2. **Flameless Technique หรือ non - flame Atomization Technique** ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่างๆกัน และใช้เวลาต่างๆกันได้
3. **Hydride Generation Technique** เนื่องจากธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิคทั้งสอง แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮไดรเจนความร้อนจากเปลวไฟไฮไดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้
4. **Cold Vapor Generation Technique** เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่เปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่ายๆ ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

2.6.3 องค์ประกอบที่สำคัญต่างๆ ของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

มี 5 ส่วนด้วยกันคือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ส่วนที่ทำให้ธาตुकลายเป็นอะตอมเสรี (atomizer)
3. โมโนโครมิเตอร์ (monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้มีความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ
4. ดีเทคเตอร์ (detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (data system and read-out units)

2.6.4 Burners และ Flames

ในการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง AAS นั้น การเลือกใช้ burner และ flames เป็นสิ่งสำคัญซึ่งผู้วิเคราะห์จะต้องทราบเสียก่อนว่าธาตุที่จะวิเคราะห์นั้นควรจะใช้ flames ชนิดไหนจึงจะเหมาะสมในการทำให้เกิดเป็นอะตอมเสรีแล้วจึงจะทำการเลือก burner โดยทั่วไป burner จะทำด้วยโลหะที่ทนต่อการกัดกร่อนของกรด เช่น ทำด้วยโลหะไทเทเนียม หรือโลหะผสมไทเทเนียม ขนาดของช่องที่ทำให้เกิดเปลวไฟมี 2 ขนาด คือ 10 ซม. และ 5 ซม. สำหรับ burner ที่มีช่องเปลวไฟ 5 ซม. นั้นใช้กับ nitrous oxide/acetylene เท่านั้น เพราะเป็นการเผาไหม้ที่เร็วมาก ถ้าทำช่องยาวอาจเกิดการระเบิดได้

2.6.5 สมบัติของเปลวไฟ (Property of the flame)

องค์ประกอบของเปลวไฟและอุณหภูมิของเปลวไฟนั้นยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของแก๊สเชื้อเพลิง / ออกซิเจน (fuel /oxidant) ทำให้ได้มีเปลวไฟและมีสมบัติแตกต่างกัน คือ

1. Oxidizing flames หรือ fuel- lean flame เป็นเปลวไฟที่ใช้เชื้อเพลิงน้อย หรือใช้ oxidant มาก
2. Neutral flame หรือ stoichiometric flame เป็นเปลวไฟที่ใช้เชื้อเพลิงและอากาศเผาไหม้พอดี
3. Reducing flame หรือ fuel-rich flame เป็นเปลวไฟที่ใช้เชื้อเพลิงมากกว่าปกติ

2.6.6 การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง AAS นั้นอาจกระทำได้หลายวิธี คือให้สารตัวอย่างผ่านเข้าไปในเปลวไฟหรือใส่เข้าไปใน graphite furnace หรือใช้ vapor generation technique เป็นต้น แต่ละเทคนิคนั้นมีข้อดีข้อเสียและการใช้งานแตกต่างกัน เพียงแต่จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับความต้องการเท่านั้น และอาจกล่าวได้ว่า กระบวนการทำให้สารเกิด atomization ไม่มีวิธีไหนเลยที่ดีที่สุด และดีกว่าวิธีอื่นๆ ดังนั้นในการเลือกใช้เทคนิคใดจึงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆอย่าง เช่น ความรวดเร็วของการวิเคราะห์

ความยากง่าย ความเข้มข้นสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารที่จะวิเคราะห์ ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถอำนวยความสะดวกให้ เป็นต้น

2.6.6.1 Flame Techniques เทคนิคนี้ใช้ Flame ทำให้เกิด atomization ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง สารตัวอย่างควรต้องเตรียมมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. สารตัวอย่างต้องเป็นสารละลายหรือของเหลว
2. สารตัวอย่างควรมีสารที่เป็นของแข็งละลายอยู่ไม่เกิน 5% มิฉะนั้นจะมีผลต่อการทำให้เกิด atomization

3. สารตัวอย่างควรละลายตัวได้ดีด้วยความร้อน
4. ควรมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม
5. สารละลายตัวอย่างจะต้องมีอย่างน้อย 1 mL

2.6.6.2 Graphite Furnace Techniques สารตัวอย่างควรมีลักษณะดังนี้

1. สารตัวอย่างอาจเป็นของแข็ง หรือของเหลว หรือของแข็งละลายในของเหลว ซึ่งถ้าละลายเป็นเนื้อเดียวกันก็ยิ่งดี

2. สารตัวอย่างต้องละลายตัวด้วยความร้อน แล้วทำให้สารเจือปนกับสารที่จะวิเคราะห์แยกออกจากกันได้

3. ควรจะต้องมีช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม
4. สารตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานควรจะต้องเปรียบเทียบกันได้
5. ปริมาตรของสารตัวอย่างที่จำเป็นต้องใช้อาจเป็น 0.5 mL

6. วิธีนี้ให้ความแม่นยำและ sensitivity ในการวิเคราะห์ดี แต่ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องมีประสบการณ์และความชำนาญพอสมควร อัตราค่าวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเคมีที่ต้องใช้ graphite tube และ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.6.6.3 Vapor Generation Techniques สารตัวอย่างควรมีลักษณะดังนี้

1. สารตัวอย่างจำเป็นต้องย่อยให้อยู่ในสภาพเป็นกรด และมี oxidation state ที่เหมาะสม

2. ใช้วิเคราะห์ได้เฉพาะบางธาตุเท่านั้น
3. ควรจะต้องปราศจากสิ่งรบกวนทางเคมี
4. ช่วงความเข้มข้นจะต้องพอเหมาะ
5. เป็นเทคนิคที่ให้ sensitivity สูงสำหรับธาตุที่สามารถวิเคราะห์ได้
6. ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับสารเคมีและเวลาที่ใช้
7. การเตรียมตัวอย่างต้องใช้ความชำนาญ แต่การวิเคราะห์สามารถทำได้ง่าย
8. ความแม่นยำของการวิเคราะห์สู้ 2 วิธีแรกไม่ได้

2.6.7 ประโยชน์ของ AAS ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

1. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการเกษตร (agricultural analysis) เช่น การวิเคราะห์ดิน พืช และปุ๋ย
2. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการแพทย์และชีวเคมี (clinical and biochemistry) เช่น การหาปริมาณของธาตุ Ca, Mg, Cu, Pb, Na, K, Fe, Zn, As และอื่นๆ ในหลอดเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อ เป็นต้น
3. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการโลหะวิทยา (metallurgy) เช่น การวิเคราะห์โลหะผสมต่างๆ หาปริมาณของสารเจือปนต่างๆ ในโลหะบริสุทธิ์ เป็นต้น
4. ใช้ในงานวิเคราะห์พวกน้ำมันและการปิโตรเลียม (oil and petroleum) เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันเครื่อง น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น
5. ใช้ในงานวิเคราะห์พวกแร่และวัสดุต่างๆ (minerals and materials)
6. ใช้ในงานวิเคราะห์น้ำจากแหล่งต่างๆ เช่น น้ำบาดาล น้ำเสีย น้ำแร่ หรือน้ำจากแหล่งธรรมชาติ เป็นต้น
7. ใช้ในงานวิเคราะห์ ทางสิ่งแวดล้อม
8. ใช้ในงานวิเคราะห์ทางอาหารและยา (foods and drugs)
9. ใช้ในงานวิเคราะห์ธาตุและสารอื่นๆ