บทที่ 1
บทนำ

1.1 ทั่วไป[1,2]

ปัจจุบันในการพัฒนาด้านการเกษตรเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต มีความเจริญมากขึ้น มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อขบวนการต่าง ๆ ในพืชโดยตรงก็คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และการที่จะพัฒนาด้านการเกษตรให้ดีนั้นมีเพียงแค่ปัจจัยอย่างเดียวอาจจะไม่เพียงพอ ยังมีสารชนิดหนึ่งที่มีผลในการดูดซับธาตุต่าง ๆ ได้ดี ไม่ว่าจะเป็นธาตุอาหารพืช โลหะหนัก ตลอดจนธาตุกัมมันตรังสี (radioactive element) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่สามารถดูดยึดโมเลกุลของก๊าซ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์หลายชนิด สามารถอุ้มน้ำ และปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในยามแห้งแล้งได้ดี โดยไม่ทำให้โครงสร้างของตัวมันเองเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเคมีและกายภาพ ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ซีโอไลต์มีประโยชน์ต่อวงการอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ปศุสัตว์ และอนุรักษ์สภาพแวดล้อม ในด้านการเกษตร ซีโอไลต์ได้รับการพิจารณาให้เป็นสารปรับปรุงดิน (soil conditioner) สารที่ใช้ผสมในยาฆ่าแมลง โรคพืชและวัชพืช และเป็นสารที่ใช้ผสมในปุ๋ยเคมี เพื่อทำให้เป็นปุ๋ยที่ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้า ๆ (slow–release fertilizers) การใส่

ซีโอไลต์ลงในดินจึงน่าจะช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างลงได้มาก จึงควรที่จะศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารของดิน และปริมาณธาตุอาหารที่ถูกชะล้าง

1.2 ที่มาของซีโอไลต์[3,4]

ซีโอไลต์ (zeolite) เป็นแร่อลูมิโนซิลิเกต (aluminosilicate) ของธาตุที่เป็นด่าง (เช่น K^+ , Na^+ , Ca^{2+} Mg^{2+}) ที่เกิดจากการสะสมของตะกอนใต้ท้องทะเล หรือการที่ลาวาและหินเถ้าภูเขาไฟไหลลงไปทับถมในทะเล ทะเลสาบหรือลงสู่ระบบน้ำใต้ดินที่มีความเป็นด่างสูงและมีความอบอุ่น แล้วลาวานั้นจะเปลี่ยนสภาพเป็นกลุ่มแร่ซีโอไลต์ ซึ่งต้องใช้เวลานาน

โครงของกลุ่มแร่อลูมิโนซิลิเกต เค้าโครงของโมเลกุลของน้ำและเค้าโครงของช่องว่างภายในที่มีประจุโลหะ ซึ่งอาจจะเป็น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม หรือ เหล็ก เป็นต้น ทำให้กลุ่มแร่ซีโอไลต์นี้มีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับว่ามีแร่อะไรเข้าไปเป็นส่วนประกอบโดยกลุ่มแร่ซีโอไลต์ที่พบในธรรมชาตินั้นมีอยู่ประมาณ 40 ชนิด แต่ที่มีประสิทธิภาพ คุณภาพรวมทั้งปริมาณที่สามารถเป็นการค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ มีอยู่เพียง 4-5 ชนิดเท่านั้น คือ มอร์ดิไนต์ (mordenite) ไคลน็อพติโลไลต์ (clinoptilolite) ชาร์บาไซต์ (chabazite) อีริโอไนต์ (erionite) และฟิลลิปไซต์ (phillipsite) นอกจากนี้ยังมีซีโอไลต์ที่สังเคราะห์ขึ้นอีกกว่า 15 ชนิด ที่เป็นการค้าและแพร่หลายในตลาดโลก

การเกิดซีโอไลต์จะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมทางธรณีวิทยาบวกกับช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้เกิดแร่ซีโอไลต์ต่างชนิดกันไป และแร่ในกลุ่มซีโอไลต์ชนิดหนึ่งก็จะสามารถเปลี่ยนไปเป็นอีกชนิดหนึ่งได้ หากสภาพแวดล้อมทางด้านธรณีวิทยาเปลี่ยนแปลงไป สภาวะแวดล้อมทางด้านธรณีวิทยาที่จะทำให้เกิดแร่ซีโอไลต์ขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นประเทศที่มีภูเขาไฟและมีทะเลหรือทะเลสาบ

1.3 ชนิดของซีโอไลต์[1]

ในสภาพธรรมชาติพบแร่ซีโอไลต์ประมาณ 50 ชนิด แต่ที่พบบ่อยและมีปริมาณค่อนข้างสูงในดินมีเพียง 9 ชนิดเท่านั้น ได้แก่

1 Clinoptilolite

2 Analcime

3 Chabazite

4 Heulandite

5 Mordenite

6 Phillipsite

7 Natrolite

8 Stilpite และ

9 Gismondine

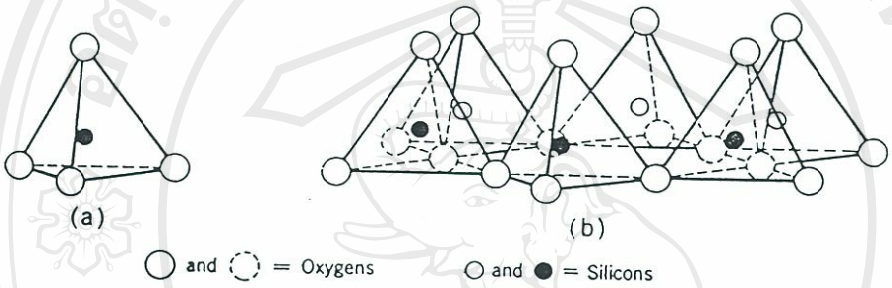
ในกลุ่มของแร่ทั้ง 9 ชนิดนี้ ไคลน็อพติโลไลต์ (clinoptilolite) และ มอร์ดิไนต์ (mordenite) พบมากในดินทั่วๆไป

1.4 โครงสร้างและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของซีโอไลต์[1]

ซีโอไลต์มีความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออน (cation exchange capacity หรือ CEC) สูงมาก และสามารถดูดซับโมเลกุลของก๊าซ น้ำ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ต่างๆได้ดี ลักษณะโครงสร้างเป็นผลึก (crystal) หน่วยสำคัญของโครงสร้างประกอบด้วยธาตุ อะลูมิเนียม (Al^{3+}) และซิลิกอน (Si^{4+}) จับตัวกับออกซิเจน 4 อะตอม $[(Al,Si)O_4]$ ในแบบเททราฮีดรอน (tetrahedron) ดังรูป 1.1 เททราฮีดรอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหล่านี้เชื่อมต่อกันในลักษณะวงแหวน 3 มิติ ทำให้เกิดช่องว่างภายในขึ้น เมื่อ Al^{3+} (หรือในบางครั้งอาจเป็น Fe^{3+}) เข้าแทนที่ Si^{4+} ในเททราฮีดรอนจะเหลือประจุลบหนึ่ง ซึ่งสามารถดูดยึดกับประจุบวกได้ ประจุบวกที่ถูกดูดยึดนี้เป็นประจุบวกจำพวก monovalent และ divalent ที่แลกเปลี่ยนได้ จึงทำให้ซีโอไลต์มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง สูตรโครงสร้างและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของซีโอไลต์บางชนิด ดังในตาราง 1.1



รูป 1.1 a รูปร่าง tetrahedronแบบเดี่ยว[5] b รูปร่าง tetrahedronแบบรวมเป็น hexagonal network[5]

ตาราง1.1 สูตรโครงสร้าง และ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของซีโอไลต์บางชนิด[1]

ชนิดของซีโอไลต์	สูตรโมเลกุล	ค่า CEC meq/100g
Analcime	$Na_{16}[Al_{16}Si_{32}O_{96}]\ 16H_2O$	460
Chabazite	$(Na_2, Ca)_6[Al_{12}Si_{24}O_{72}]\ 40H_2O$	420
Clinoptilolite	$(Na, K)_3[Al_6Si_{30}O_{72}]\ 24H_2O$	220
Mordenite	$Na_8[Al_8Si_{40}O_{96}]\ 24H_2O$	220
Phillipsite	$(Na, K)_5[Al_5Si_{11}O_{32}]\ 20H_2O$	380

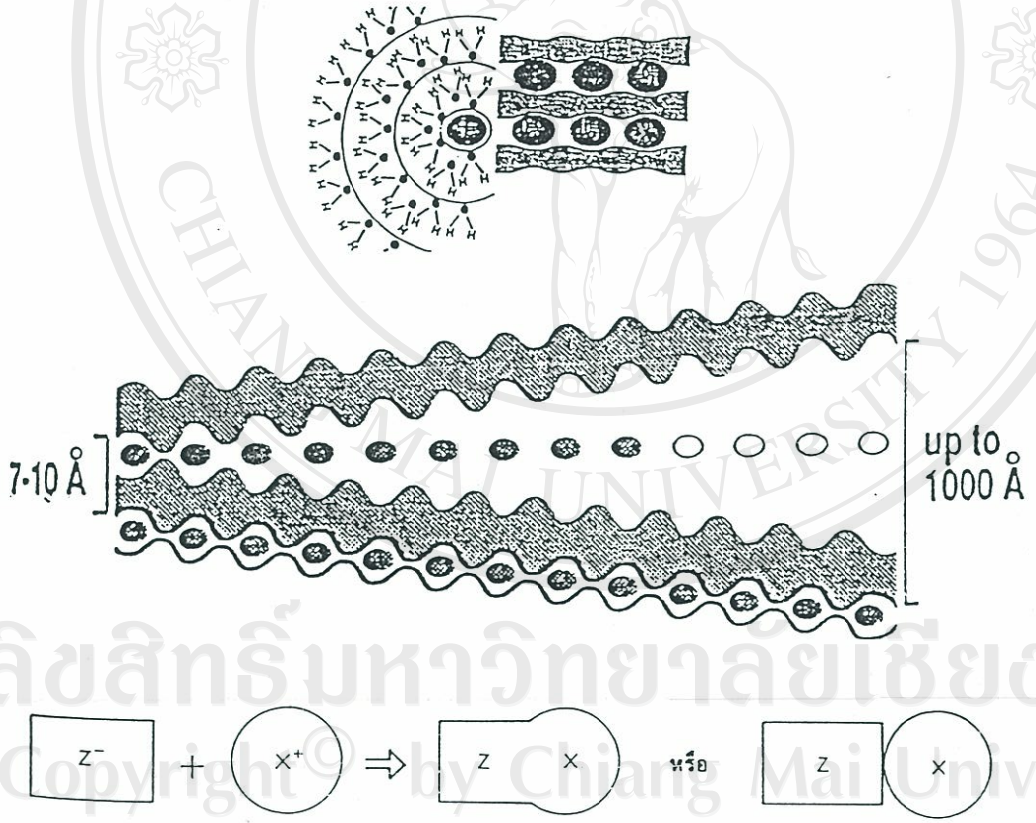
จากโครงสร้างของซีโอไลต์ยังมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย จำนวนโมเลกุลของน้ำเป็นตัวบ่งชี้ขนาดของช่องว่างภายในผลึก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของซีโอไลต์เป็นหลัก เมื่ออบซีโอไลต์ที่อุณหภูมิประมาณ 200°Cน้ำจะระเหยออกไปหมด แต่ไม่ได้ทำให้โครงสร้างของซีโอไลต์เปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จึงยังสามารถดูดซับน้ำกลับไปได้อีก หรืออาจดูดซับธาตุหรือสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์เข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำที่ระเหยออกไปได้

1.5 การทำงานของซีโอไลต์[6]

ซีโอไลต์จะทำงานในลักษณะปฏิกิริยาทางเคมี โดยการแลกเปลี่ยนไอออนหรือปฏิกิริยาแบบขั้วไฟฟ้า เมื่อใส่ซีโอไลต์ลงในน้ำ ซีโอไลต์จะแสดงตัวเป็นประจุลบหรือขั้วลบ Z^- แล้วจะไปจับกับสารพวกที่มีประจุบวกหรือขั้วบวก X^+ ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอมโมเนีย (NH_3 , NH_4^+) หรือโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Pb) ลักษณะการทำงานของซีโอไลต์ดังรูป 1.2



รูป 1.2 ลักษณะการทำงานของซีโอไลต์[6]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซีโอไลต์จะไปจับกับสารแขวนลอยในน้ำ เช่น พวกสารอินทรีย์ ขี้กุ้ง เศษอาหาร ซากแพลงค์-ตอนที่ตายจึงช่วยลดปัญหาตะกอนในน้ำและความหนืดข้นของน้ำโดยส่งผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำดีขึ้น

1.6 คุณสมบัติและประโยชน์ของซีโอไลต์[7]

คุณสมบัติของซีโอไลต์ แบ่งอย่างกว้างๆได้ 3 อย่าง

1.6.1 คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)

ซีโอไลต์เป็นสารประกอบที่ให้การแลกเปลี่ยนไอออนบวก(cation)ได้ดีมากจากคุณสมบัติทำให้ซีโอไลต์มีประโยชน์มากมาย

ก ใช้ในการกำจัดกากนิวเคลียร์

นำกากนิวเคลียร์ที่ได้ผ่าน column ที่บรรจุแร่ซีโอไลต์ที่นิยมคือ ชาร์บาไซต์ กากนิวเคลียร์จะถูกดูดไว้ที่ columnแล้ว นำ column ที่ดูดกากนิวเคลียร์ไว้นี้ไปเก็บไว้ในที่ปลอดภัยต่อไป

ข ใช้ในการกำจัดกากของเสียจากโลหกรรม

ใช้กำจัดของเสียที่เกิดจากการถลุงและการทำโลหะบริสุทธิ์ โดยเลือกใช้ชนิดของซีโอไลต์ให้เหมาะสมกับกากของของเสีย และจะต้องนำซีโอไลต์ที่ดูดของเสียไปเก็บไว้ในที่ปลอดภัย เช่น ซีโอไลต์ที่ดูดซึมซีเซียม หรือ สทรอนเซียมจะต้องเก็บไว้ในถังคอนกรีตที่ปิดมิดชิด และใช้ซีโอไลต์กำจัดของเสียในเหมืองแร่ที่มีกรรมวิธีกา treat แร่ด้วยกรด (เหมืองแร่ที่มีแร่เป็นโลหะซัลไฟด์)

ค ใช้ในการบำบัดสารพิษและก๊าซพิษในบ่อเลี้ยงกุ้งและปลา

ปลาและกุ้งส่วนมากจะเลี้ยงในบ่อจึงมีปัญหาของเสียที่ปลาและกุ้งขับถ่ายออกมา จะมีปริมาณของแอมโมเนียมาก แก้ปัญหาโดยการถ่ายน้ำเสียออกเปลี่ยนเอาน้ำดีเข้าไปใหม่ซึ่งจะมีผลเสีย คือทำให้ปลาหรือกุ้งบอบช้ำได้ พบว่า ถ้ามีแอมโมเนียปริมาณ 2 – 3 ppm ในบ่อปลาหรือกุ้ง จะทำให้เป็นโรคเหงือก หยุดการเจริญเติบโต ทำลายสมอง เป็นหมัน และในที่สุดจะทำให้ปลาตายได้ ซีโอไลต์ชนิดมอร์ดิไนต์สามารถกำจัดแอมโมเนียได้

ง ใช้ในการกำจัดกลิ่น

ซีโอไลต์มีความสามารถดูดกลิ่นของของเสียสัตว์เลี้ยง เป็ด ไก่ วัว ควาย หมู และม้าได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จ ใช้เป็นอาหารสัตว์

ซีโอไลต์เป็นอาหารเสริมสัตว์ปีก สัตว์ที่กินหญ้าเป็นอาหารและหมู ใช้แร่มอนต์มอริลโลไนต์เป็นอาหารสำหรับสัตว์ปีก และยังช่วยลดอาการเกิดโรคท้องร่วง ลำไส้อักเสบ โรคทางเดินอาหารของสัตว์ต่างๆเหล่านี้ลดน้อยลง

ฉ การปรับปรุงดิน

ซีโอไลต์มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน และเก็บความชื้นได้ดี จึงถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงดินให้ดีขึ้น ซีโอไล์ชนิดไคลน็อพติโลไลต์เลือกจับแอมโมเนียได้สูงและปล่อยออกมาอย่างช้าๆ จึงช่วยให้ยึดไนโตรเจนไว้ได้นาน

1.6.2 คุณสมบัติในการดูดน้ำและคายน้ำออก (water adsorption/desorptin)

ซีโอไลต์มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ และคายน้ำออกได้ดี โดยที่รูปร่างผลึกไม่เปลี่ยนแปลง

1.6.3 คุณสมบัติในการดูดก๊าซ (gas adsorptin)

ใช้ซีโอไลต์ชนิดชาร์บาไซต์ดูดก๊าซต่างๆ เช่น ที่ปนมากับก๊าซธรรมชาติ

1.7 การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)[8]

การแลกเปลี่ยนไอออน หมายถึง การแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งกันและกันบนพื้นผิวอนุภาคดินหรือแร่ หรืออนุภาคอินทรียสาร การแลกเปลี่ยนนี้อาจเกิดขึ้นได้ระหว่างไอออนในสารละลายดินและไอออนที่เกาะบนพื้นผิวอนุภาค หรือระหว่างไอออนที่เกาะอยู่บนอนุภาคด้วยกัน เมื่ออนุภาคนั้นมาอยู่ใกล้เคียงกัน การแลกเปลี่ยนระหว่างแอนไอออนกับแอนไอออน เรียกว่า การแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange) และการแลกเปลี่ยนเกิดขึ้นระหว่างแคทไอออนกับแคทไอออน เรียกว่า การแลกเปลี่ยนแคทไอออน (cation exchange) ขบวนของการแลกเปลี่ยนแอนไอออนและแคทไอออนจะเกี่ยวข้องกับขบวนการที่สำคัญอื่น ๆ ในดิน อาทิเช่น การสลายตัวของแร่ การดูดธาตุอาหารของพืชเข้าไปในลำต้น การขยายตัวหดตัวของกลุ่มอนุภาคเม็ดดินเหนียว และการชะล้างธาตุอาหารพืชออกจากดิน

1.8 การแลกเปลี่ยนแคทไอออนในดิน[8,9]

แคทไอออนต่างๆ ที่เกาะยึดอยู่บนพื้นผิวอนุภาคขนาดเม็ดดินเหนียว สามารถถูกแทนที่ได้ด้วยแคทไอออนตัวอื่นๆ เช่น นำสารละลายของเกลือ แอมโมเนียมคลอไรด์ไหลผ่านดินที่มีแคลเซียม เกาะยึดอยู่บนพื้นผิวอนุภาคเม็ดดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ของเหลวที่ไหลผ่านดินออกมาในขั้นแรกจะ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประกอบไปด้วยแคลเซียมคลอไรด์และแอมโมเนียมคลอไรด์ และเมื่อให้แอมโมเนียมคลอไรด์ไหลผ่านดินไปเรื่อย ๆ เป็นเวลานาน ก็จะพบว่าของเหลวที่ผ่านดินออกมาจะประกอบไปด้วยแคลเซียมคลอไรด์เป็นส่วนใหญ่ทั้งนี้เป็นเพราะแคลเซียมถูกแทนที่ด้วยแอมโมเนียมไอออน การแลกเปลี่ยนดังกล่าวเรียกว่า แคทไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable cation)

1.9 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนในดิน (Cation Exchange Capacity) [8-12]

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดิน คือ จำนวนมิลลิอิควิวาเลนท์ (milliequivalent) ของแคทไอออนที่เกาะยึดบนผิวอนุภาคดินและอยู่ในรูปที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดในดิน 100 กรัม หรือ จำนวนมิลลิอิควิวาเลนท์ของประจุลบของดิน 100 กรัม ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดิน (cation exchange capacity) นิยมเรียกเป็นตัวย่อว่า ซีอีซี (CEC)

การหาค่าซีอีซีของดินนั้นกระทำได้โดยการให้แคทไอออนตัวใดตัวหนึ่ง สมมุติว่าเป็นแคทไอออน A เข้าไปแทนที่แคทไอออนทั้งหมดที่เกาะยึดบนผิวอนุภาคดินอยู่แต่เดิม แคทไอออนเหล่านี้เป็นแคทไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ หลังจากที่แคทไอออน A เข้าไปเกาะยึดบนผิวอนุภาคดินแล้วก็ใช้แคทไอออนอีกชนิดหนึ่งเข้าไปไล่ที่แคทไอออน A ซึ่งคำนวณออกมาในหน่วยของมิลลิอิควิวาเลนท์ต่อดิน 100 กรัม แคทไอออนที่นิยมใช้ไล่ที่แคทไอออนที่เกาะยึดอยู่เดิมในดิน ได้แก่ แอมโมเนียมไอออน หรือแบเรียมไอออน

ข้อดีของการใช้หน่วยเป็นมิลลิอิควิวาเลนท์ คือ ปริมาณประจุลบในดิน 100 กรัม ที่วิเคราะห์ได้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแคทไอออน

1.10 ความสำคัญของค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดิน[8,9,12]

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกมีความสำคัญมากในการควบคุมสมบัติต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และทางชีวภาพของดิน พอสรุปได้ดังนี้

1.10.1 ความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของดิน

ดินที่มี CEC สูงมักจะเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เนื่องจากดินนั้นมีความสามารถในการดูดซับไอออนบวกต่างๆ ที่เป็นธาตุอาหารพืชไว้ได้มาก พืชสามารถที่จะดึงดูดไอออนบวกต่าง ๆ เหล่านี้ได้โดยตรงจากพื้นผิวของคอลลอยด์ และธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ไม่สูญหายไปจากดินได้ง่าย เพราะว่าดินมีอำนาจในการดูดยึดธาตุอาหารเหล่านี้ไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.10.2 มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

เช่น ความร่วนซุย ความเหนียว การฟุ้งกระจาย และการเกาะกลุ่มของดิน ดินที่มีไอออนบวกพวกมีวาเลนซีเดี่ยวโดยเฉพาะ Na^+ อยู่มาก จะทำให้ดินแน่นทึบไม่ร่วนซุย การระบายน้ำและถ่ายเทอากาศไม่ดี เนื่องจาก Na^+ มีผลทำให้ดินอยู่ในลักษณะที่ฟุ้งกระจาย (dispersion) ซึ่งอนุภาคดินไม่เกาะติดกันเป็นเม็ด ตรงกันข้ามถ้าดินมีพวก Ca^{2+} ซึ่งมีวาเลนซีสองอยู่จะทำให้อนุภาคดินเกาะกลุ่มกัน (flocculation) เป็นเม็ดดิน ซึ่งมีผลให้ดินนั้นร่วนซุยไม่แน่นทึบและมีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศที่ดี

1.10.3 สมบัติทางเคมีของดิน

ความเป็นกรดของดินเนื่องจากมี H^+ ดูดซับที่ผิวคอลลอยด์มากกว่าไอออนบวกที่เป็นด่าง เช่น Ca^{2+} และ K^+ ซึ่งดินที่เป็นกรดมาก ๆ จะมีประโยชน์ต่อธาตุอาหารของพืชบางชนิด ดังนั้นการแก้ไขหรือปรับปรุงดินที่เป็นกรดมากให้เป็นกรดน้อยลงสามารถกระทำได้ โดยการไล่ที่ H^+ ด้วยการใส่ปูนลงไปในดิน Ca^{2+} ที่อยู่ในปูนก็จะไปแทนที่ H^+ ที่ดูดซับที่ผิวของคอลลอยด์ออกมา จะทำให้ความเป็นกรดของดินลดน้อยลง

1.11 ปัจจัยที่ควบคุมค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดิน[8,9,11]

1.11.1 ชนิดของคอลลอยด์

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของคอลลอยด์ดิน (soil colloid) ที่ต่างชนิดกันจะแตกต่างกันมาก เช่น ฮิวมัส, มอนต์มอริลโลไนท์, อิลไลท์ และเคโอลิไนท์ โดยเฉลี่ยแล้วจะมีค่าแตกต่างกันตามลำดับดังนี้ 200, 100, 30 และ 8 me/100 กรัม ดังนั้นดินที่มีฮิวมัสมากหรือมีพวกมอนต์มอริลโลไนท์เป็นองค์ประกอบอยู่มากก็จะทำให้ CEC ของดินนั้นสูงกว่าดินอีกชนิดหนึ่ง

1.11.2 ปริมาณของดินเหนียวที่มีอยู่ในดิน

ดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูงย่อมจะมี CEC สูงกว่าดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวน้อยกว่า ดังนั้นจึงใช้ความสังเกตจากเนื้อดิน (soil texture) เป็นหลักเกณฑ์บอกได้อย่างคร่าว ๆ ว่าดินไหนมี CEC มากน้อยกว่ากัน

1.11.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ

เนื่องจากฮิวมัสในดินมีค่า CEC สูงมาก ดินที่มีอินทรียวัตถุย่อมมีค่า CEC สูงด้วย การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุลงในดินจะช่วยเพิ่มความสามารถของดินในการแลกเปลี่ยนแคทไอออน โดยค่า CEC ของดินจะเพิ่มประมาณ 2 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อดิน 100 กรัม เมื่อฮิวมัสในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.12 ประโยชน์ของการแลกเปลี่ยนแคทไอออน (cation exchange)[9]

คุณสมบัติเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนไอออนบวกนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากในด้านปฐพีวิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมก่อสร้าง และวิชาการสาขาอื่น ๆ อีกมาก

1.12.1 ด้านปฐพีวิทยา

ส่วนที่เกี่ยวกับธาตุอาหารพืชในดินส่วนใหญ่ซึ่งเป็นพวกแคทไอออนจะอยู่ในดินโดยไม่ถูกชะล้างให้สูญหายไปจากดินได้ง่าย ๆ ก็เนื่องจากแคทไอออนพวกนี้ดูดยึดอยู่ที่ผิวของ clay micelle และยังสามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย ทั้งนี้เพราะรากพืชสามารถจะดึงดูดแคทไอออนที่เป็นธาตุอาหารได้โดยตรงจากพื้นผิวของ clay micelle โดยกระบวนการที่เรียกว่า contact exchange หากดินไม่มีอำนาจในการดูดยึดแคทไอออนต่าง ๆ เหล่านี้แล้วแคทไอออนที่เป็นธาตุอาหารพืชอยู่ในขณะนี้คงสูญหายจากดินไปเสียนานแล้ว การใส่ปุ๋ย เช่น ปุ๋ยโพแทสเซียม ธาตุ K ที่มาจากปุ๋ยเป็นจำนวนมากนี้จะเข้าไปไล่ที่แคทไอออนเดิมที่มีอยู่ในดิน เช่น H^+ และ Ca^{2+} เป็นต้น ให้ออกไปและตัวมันเองเข้าแทนที่ พืชไม่จำเป็นต้องใช้ K ที่มาจากปุ๋ยให้หมดไปในทันที แม้จะมีฝนตกชะดินอยู่บ่อย ๆ K ก็จะไม่สูญหายไปเหมือนอย่างพวก NO^-_3 และ SO^{2-}_4 เป็นต้น

1.12.2 ด้านสมบัติของดินทางฟิสิกส์

เช่นความร่วนซุย ความเหนียวของดิน เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange reaction) เช่น ดินที่มีโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Na) มาก ๆ จะเหนียว น้ำซึมผ่านได้ยาก มักจะทำให้น้ำขังได้ง่าย การไถพรวนลำบาก เหนียวติดไถ เมื่อแห้งก็จะทำให้ดินแข็งและแตกระแหงเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก

1.12.3 ในด้านธรณีวิทยา

การแลกเปลี่ยนแคทไอออน (cation exchange) มีความสำคัญอยู่กับขบวนการผุพังอยู่กับที่ (weathering) และการสังเคราะห์ (systhesis) ของแร่ต่าง ๆ ในดิน ในระหว่างที่เกิดมีการผุพังอยู่กับที่ของหินและแร่นั้น พวกแคทไอออนที่เป็นเบส (K, Na, Ca, Mg ฯลฯ) ที่ออกมาจากแร่ต่าง ๆ และไม่ถูกชะล้างให้สูญหายไปหมดแต่ยังคงตกค้างอยู่ในดิน น้ำในทะเลที่เค็มเนื่องจากมี NaCl สะสมอยู่มากกว่าอย่างอื่น เนื่องจากโซเดียมเป็นธาตุที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในหินและแร่ เมื่อแร่ต่าง ๆ ผุพังไป Na^+ และแคทไอออนอื่น ๆ ก็จะถูกปลดปล่อยออกมา ถึงแม้ว่า Na^+ จะถูกยึดอยู่กับดินเหนียวได้ แต่เป็นธาตุที่ถูกไล่ที่ได้ง่ายที่สุด และดูดยึดกับผิวของดินเหนียวด้วยแรงที่เบาบางกว่าแคทไอออนอื่น ๆ ดังนั้นจึงมีโอกาสถูกพัดพาลงมาสะสมอยู่ในทะเลได้ง่ายและมากกว่าแคทไอออนอื่น แม้ว่า Li^+ จะถูกชะล้างได้ง่ายกว่า Na^+ แต่ Li^+ มีอยู่ในหินและแร่น้อยมาก จึงไม่ค่อยมีสะสมอยู่ในทะเลเท่ากับ Na^+ ส่วน Cl^- นั้นก็มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อยู่ในหินและแร่ด้วย โดยเฉพาะเกลือของคลอไรด์ ไม่ว่าจะเป็นพวก alkaline หรือ alkaline earth จะละลายน้ำได้ง่ายเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น Cl^- จึงโอกาสถูกพัดพามาสะสมอยู่ในทะเลเป็นจำนวนมาก เมื่อ Na^+ และ Cl^- ต่างมาสะสมอยู่ในทะเลมาก ๆ จึงมีผลทำให้น้ำทะเลเค็มซึ่งเป็นรสจำเพาะของเกลือแกง

1.13 การแลกเปลี่ยนแอนไอออนในดิน[12]

แม้ว่าดินส่วนใหญ่จะมีการแลกเปลี่ยนแคทไอออนบวกก็ตาม แต่ก็มีสารคอลลอยด์บางชนิดที่มีการแลกเปลี่ยนแอนไอออนเกิดขึ้น เช่น พวกคาร์โอลิไนท์และออกไซด์ของเหล็กและอลูมินั่ม ซึ่งพวกนี้สามารถที่จะมีประจุบวกเกิดขึ้นและดูดซับพวกประจุลบต่าง ๆ ได้ ดินในเขตร้อนและชุ่มชื้นที่ประกอบด้วยออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินั่มอยู่มาก เช่น แร่กิบไซด์ (gibbsite) ซึ่งการเกิดการประจุขึ้นที่ผิวของแร่ชนิดนี้ทำให้สามารถดูดซับแอนไอออน ดินที่มีประจุบวกเกิดขึ้นจะมีสมบัติที่สำคัญดังนี้ คือ

1. ดูดซับไอออนลบ เช่น พวกไนเตรต และคลอไรด์ไอออน
2. ไอออนบวก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม จะถูกแทนที่ให้ออกมาอยู่ ในสารละลายดิน ซึ่งมีโอกาสที่จะถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่าย
3. ไอออนพวกฟอสเฟตและซัลเฟตจะถูกตรึงไว้อย่างเหนียวแน่น ทำให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยาก

1.14 ประวัติของฮอร์โมน[13,14,15,16]

การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ลม แรงดึงดูดของโลก อากาศ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นปัจจัยภายนอก และสารเคมีที่อยู่ภายในพืชเองจัดว่าเป็นปัจจัยภายใน ในบรรดาสารเคมีซึ่งควบคุมการเจริญเติบโตของพืชนั้น ฮอร์โมนนับว่ามีบทบาทสำคัญมากในการควบคุมกิจกรรมหลายอย่างภายในพืช เช่น การเกิดราก การฟักตัวของเมล็ด การติดดอก – ผล การร่วง และความเสื่อม เป็นต้น

ฮอร์โมนพืช (plant hormone) หมายถึง สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นในปริมาณเล็กน้อยสามารถที่จะกระตุ้น หรือ ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ ปัจจุบันพบว่ามีสารหลายชนิดที่ไม่ได้เกิดขึ้นภายในพืชโดยตรง แต่มีคุณสมบัติคล้ายกับฮอร์โมน และเรียกสารดังกล่าวว่า ฮอร์โมน ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่สารอาหาร ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย(น้อยกว่า1 มก/ล) สามารถที่จะกระตุ้น หรือ ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยาของพืช ดังนั้นจึงเรียกสารดังกล่าวว่า "สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช" (plant growth regulator) และสารเหล่านี้ภายในพืชโดย-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตรง (natural plant growth regulator)หรืออาจเกิดขึ้นจากการสังเคราะห์โดยกรรมวิธีทางเคมี (systhesis plant growth regulator) ก็ได้

สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นสารกลุ่มใหญ่ ประกอบด้วยสารชนิดต่าง ๆ มากมายซึ่งสามารถแยกออกเป็นหมวดหมู่ตามคุณสมบัติซึ่งแตกต่างกันได้ดังนี้

1.14.1 ออกซิน (auxins)[13,14,18]

หมายถึง กลุ่มของสารที่มีหน้าที่ ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ สารเหล่านี้อาจเกิดโดยธรรมชาติ ออกซินที่พืชสร้าง คือ indole acetic acid (IAA) หรือ เกิดจากการสังเคราะห์ ได้แก่ indolebutyric acid (IBA), naphthaleneacetic acid (NAA), 4–chlorophenoxyacetic acid (4 – CPA) และ 2,4 – dichlorophenoxyacetic acid (2,4 – D)

1.14.2 จิบเบอเรลลิน (gibberellins)[13,14,17]

จิบเบอเรลลิน เป็นสารจำพวก isoprenoid เรียกอีกอย่างว่า gibberellic acid (GA) ทั้งนี้เนื่องจากสารชนิดนี้มีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ในโครงสร้าง เป็นกลุ่มของสารที่มีหน้าที่ ควบคุมการยืดตัว และ การแบ่งตัวของเซลล์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช สารกลุ่มนี้พืชสร้างขึ้นได้ และเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* ก็สามารถสร้างได้ สารจิบเบอเรลลินที่ค้นพบมาตั้งแต่แรกเริ่มจนถึงปัจจุบันมีทั้งหมด 65 ชนิด ซึ่งมีโครงสร้างของโมเลกุลคล้ายกัน คือ gibbane skeleton จึงมีชื่อเรียกเหมือนกันหมด คือ จิบเบอเรลลิน เอ (gibberellin A) แล้วตามด้วยหมายเลขตั้งแต่ 1 ถึง 65 เช่น gibberllin A_1 (GA_1)

1.14.3 ไซโตไคนิน (cytokinins)[13,14,18]

หมายถึง กลุ่มสารที่มีหน้าที่ควบคุมการแบ่งเซลล์ กระตุ้นการเจริญทางด้านลำต้นของพืช และกระตุ้นการเจริญของตาข้าง และยังมีผลเล็กน้อยต่อการพัฒนาของผล ใช้กันมากในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ไซโตไคนินที่พืชสร้าง คือ ซีอาติน (zeatin) และ ซีอาติน–ไรโบซายด์ (zeatin–riboside) ส่วนไซโตไคนินที่เป็นสารสังเคราะห์ คือไคเนติน (kinetin) และ 6–benzylaminopurine (BAP)

1.14.4 เอทิลีน และ สารปลดปล่อยเอทิลีน (ethylene and ethylene releasing compounds)[13,14,18]

หมายถึง กลุ่มสารที่มีหน้าที่ควบคุมการแก่ของพืช เป็นฮอร์โมนชนิดเดียวที่อยู่ในรูปของก๊าซ ดังนั้น การใช้ประโยชน์ค่อนข้างจำกัด จึงได้มีการค้นคว้าหาสารรูปอื่นซึ่งเป็นของแข็ง หรือ ของเหลว ที่สามารถปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนออกมาได้ คือ ethephon (2 – chloroethylphosphonic acid) ใช้เร่งผลให้เปลี่ยนสีได้เร็วขึ้น เร่งการเกิดดอกของพืช เร่งการร่วงของใบ เพื่อเข้าสู่ระยะพักตัวเร็วขึ้น และเร่งการไหลของน้ำยางพารา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.14.5 สารยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibitor) [13,14,17]

หมายถึง กลุ่มสารที่มีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ ยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนชนิดอื่นบางชนิด และยับยั้งการเจริญเติบโตโดยทั่ว ๆ ไป สารยับยั้งการเจริญเติบโตที่พบในพืชมีกว่า 200 ชนิด สารที่ยับยั้งการเจริญที่พบโดยมากเป็นสารพวก secondary product เป็นสารที่สะสมในพืช สารที่สำคัญ คือ abscisic acid (ABA) มีผลควบคุมการหลุดร่วงของใบ ดอก ผล สกัดจากพืชได้น้อยมาก สารสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ คือ maleic hydrazide (MH)

1.14.6 สารชะลอการเจริญเติบโต (growth retardants) [13,14,19,20]

สารกลุ่มนี้ไม่พบตามธรรมชาติในพืช เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นมาทั้งหมด มีคุณสมบัติยับยั้งการสร้างหรือการทำงานของจิบเบอเรลลิน ทำให้ชะลอการแบ่งเซลล์ และการยืดตัวของเซลล์ ทำให้พืชที่ได้รับสารมีความสูงน้อยกว่าปกติ ปัจจุบันมีการผลิตในกลุ่มนี้ขึ้นมาจำหน่าย ที่ใช้กันมาก เช่น succinic acid–2–dimethylhydrazine (SADH), (2–chloroethyl) trimethylammonium chloride (CCC), 4–dimethyl-2–(1H–1,2,4–triazol–1–yl) pentan–3–ol(paclobutrazol)

1.14.7 สารอื่น ๆ (miscellaneous substance) [14]

หมายถึง สารที่ไม่สามารถจัดเข้าอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้อย่างเหมาะสม แต่มีคุณสมบัติเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่นกัน และมีผลต่อพืชค่อนข้างจำเพาะเจาะจง ได้แก่

1.14.7.1 folcisteine (3–acetylthiazolidine–4–carboxylic acid)

เป็นสารสังเคราะห์ที่มีผลกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของพืช ใช้ในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด ชื่อการค้าของสารนี้ คือ เออร์โกสติม (ergostim) มีพิษน้อย

1.14.7.2 glyphosine (N,N–bis(phosphonomethyl) glycine)

เป็นสารสังเคราะห์ที่ใช้เร่งการแก่ของอ้อย และเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครส ประมาณ 10 % ชื่อการค้าของสารนี้ คือ polaris มีผลทำให้ผิวหนังระคายเคืองได้ มีพิษต่อนัยน์ตามาก

1.14.7.3 glyphosate (N-(phosphonomethyl) glycine)

เป็นสารคล้ายคลึงกับglyphosine ใช้เป็นยากำจัดวัชพืชประเภทยาดูดซึม ใช้เร่งการแก่และเพิ่มปริมาณน้ำตาลในอ้อยได้ ชื่อการค้า คือ ราวด์อัพ (roundup) สารนี้มีจำหน่ายในประเทศไทยในรูปของสารกำจัดวัชพืช มีพิษน้อย

1.14.7.4 marine algalextracts

เป็นสารที่สกัดจากสาหร่ายทะเล มีสารกลุ่มไซโตไคนินผสมอยู่ด้วย จึงมีผลกระตุ้นการแบ่งเซลล์ ชะลอการแก่ของพืช ชื่อการค้า คือ ซี – บอร์น (sea – born) มีพิษน้อยจัดอยู่ในระดับปลอดภัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.14.7.5 tria (1–triacontanol) เป็นสารสกัดได้จากถั่วอัลฟาฟา (alfafa) สามารถเร่งการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เพิ่มการแบ่งเซลล์ นิยมใช้สารนี้ในความเข้มข้นที่ต่ำมาก ๆ (ปริมาณ 1 มก/ล) สารนี้ในประเทศไทยกำลังอยู่ในขั้นทดลองเพื่อหาความเหมาะสมสำหรับใช้สารนี้กับพืชต่าง ๆ ขณะนี้ยังไม่มีจำหน่าย

1.14.7.6 paraquat(1,1'-dimethyl–4,4'–bipyridyldiylium ion) เป็นสารกำจัดวัชพืชทำลายส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช กระตุ้นให้ใบร่วงเพื่อความสะดวกในการเก็บเกี่ยว ชื่อการค้า คือ กรัม-ม็อกโซน (grammoxone) เป็นสารที่มีพิษต่อคนและสัตว์เป็นอย่างมาก ซึมเข้าทางผิวหนังได้ดี เป็นอันตรายต่อนัยน์ตา และถ้าสูดดมเข้าไปจะทำให้เลือดออกในโพรงจมูก

1.15 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. หาค่า CEC ของซีโอไลต์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยวิธี Extraction of Adsorbed Ammonia

2. หาปริมาณธาตุอาหาร (N P K)ที่ถูกชะล้าง ซึ่งไนโตรเจนวิเคราะห์ในรูปของ $(NH_4)_2SO_4$ ฟอสฟอรัสวิเคราะห์ด้วยวิธี UV/VIS Spectrophotometry และ โพแทสเซียมวิเคราะห์ด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry

3. นำซีโอไลต์ที่มีค่า CEC สูงมาทดลองดูดซับธาตุอาหารของพืช (N P K) และ growth regulator โดยศึกษาการเจริญเติบโต หรือการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว เมื่อใช้ซีโอไลต์ในการดูดซับ ถ้าซีโอไลต์ดูดซับสารต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วค่อย ๆ ปล่อยให้พืชจริง การเจริญเติบโตของพืชต้องเปลี่ยนไปจาก control โดยวัดความยาวทุกวันปล่อยให้ชุดดังกล่าวเจริญเติบโตเป็นเวลา 7 วัน ซึ่งในกรณีชุดการทดลอง รดด้วยสารที่เป็นฮอร์โมนชนิดต่างๆหลังจากครบ 7 วัน ชั่งน้ำหนักด้วย

4. หาไอออนของคลอเรตในเนื้อลำไยที่มีการใช้สารยับยั้งการเจริญเติบโตโพแทสเซียมคลอเรต ($KClO_3$)ของลำไยนอกฤดูกาล และตรวจหาคลอเรตในสารผสมคลอเรตที่ซื้อขายกันตามท้องตลาด โดยหาการละลายในH_2O และ CH_2Cl_2 และนำส่วนที่ละลายในน้ำ ทำให้เป็นกรด และทำให้ตกตะกอนด้วย $AgNO_3$ หลังจากนั้น reduce ด้วย Zn และ H_2SO_4 และ oxidise ด้วย น้ำคลอรีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved