

ยูเรีย

ปัจจุบันโลกได้พัฒนาก้าวหน้าไปด้วยการนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ และศึกษาวิจัยในด้านต่าง ๆ ทำให้ค้นพบสิ่งใหม่ ๆ และนำวัตถุดิบที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นส่วนหนึ่งของการพัฒนาจึงมุ่งพัฒนาทางด้านเกษตร เพื่อเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกรทั้งคุณภาพและปริมาณของพืชผล นอกจากเทคโนโลยีต่าง ๆ แล้ว ปุ๋ยเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตพืชผลได้ตามความต้องการของตลาด ปุ๋ยที่ใช้กันทุกวันนี้มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดให้ประโยชน์แตกต่างกันไป เกษตรกรสามารถเลือกสรรใช้ให้เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละพันธุ์

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของปุ๋ย เป็นธาตุอาหารหลักธาตุหนึ่งที่ทำให้พืชเจริญเติบโต เราสามารถจำแนกแหล่งที่มาของธาตุไนโตรเจนได้เป็น 2 แหล่งด้วยกัน คือ

1) ธาตุไนโตรเจนจากอากาศ ซึ่งอยู่ในรูปโมเลกุลไนโตรเจน (N_2) พืชส่วนใหญ่ไม่สามารถนำไนโตรเจนในอากาศมาใช้ได้โดยตรง นอกจากพืชตระกูลถั่วเท่านั้น

2) ธาตุไนโตรเจนที่ได้จากวิธีการสังเคราะห์ทางเคมี

ในอุตสาหกรรมสารเคมีเพื่อการเกษตร ผลิตภัณฑ์สำคัญของอุตสาหกรรมประเภทนี้คือ ปุ๋ยนานาชนิด โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งผลิตขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. ยูเรีย เป็นปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงมาก

2. ปุ๋ยแอมโมเนียไนเตรตและปุ๋ยที่มีแอมโมเนียไนเตรตเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตไนเตรต และปุ๋ยแคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรต

3. ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นปุ๋ยที่เกษตรกรไม่นิยมใช้มากนัก เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนต่ำ แต่จะนำไปใช้ได้ผลดีสำหรับดินบริเวณที่มีธาตุไนโตรเจน และธาตุซัลเฟอร์ไม่เพียงพอ

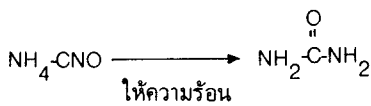
ปุ๋ยไนโตรเจนมีองค์ประกอบหลัก และมีปริมาณธาตุอาหารหลักแตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ

ปุ๋ย	สูตรทางเคมีขององค์ประกอบหลัก	ไนโตรเจนร้อยละ	หมายเหตุ
1. ยูเรีย	$NH_2 - \overset{O}{\parallel} C - NH_2$	45-46	- มีธาตุอาหารหลักสูงเหมาะสำหรับการเกษตร
2. แอมโมเนียมไนเตรต	NH_4NO_3	33-34	- เป็นออกซิไดซิ่งเอเจนท์อย่างแรง ไม่สะดวกในการเก็บรักษา ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้
3. แอมโมเนียมซัลเฟตไนเตรต	$3NH_4NO_3 \cdot (NH_4)_2SO_4$	26-28	- ปัจจุบันนิยมใช้ปุ๋ย 2 ชนิดนี้
4. แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรต	$5Ca(NO_3)_2 \cdot NH_4NO_3$	20-26	- แทนปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต
5. แอมโมเนียมซัลเฟต	$(NH_4)_2SO_4$	21	- เหมาะสำหรับดินที่ขาดธาตุไนโตรเจน และธาตุซัลเฟอร์
6. แคลเซียมไนเตรต	$Ca(NO_3)_2$	15.5	- ดูดความชื้นได้ง่าย ต้องบรรจุไว้ในถุงกันความชื้น
7. โซเดียมไนเตรต	$NaNO_3$	16	
8. แคลเซียมไซยาไนด์	$CaCN_2$	21-22	ก. ในรูปปุ๋ยเม็ดมีไนโตรเจนร้อยละ 21
9. แอมโมเนียมคลอไรด์	NH_4Cl	26	ข. ในรูปปุ๋ยผงมีไนโตรเจนร้อยละ 22 - ปุ๋ยชนิด 6-9 เป็นปุ๋ยที่ไม่นิยมใช้กันมากนัก

เพื่อให้เรารู้จักยูเรียดีขึ้น จึงขอกล่าวถึงประวัติของสารนี้โดยย่อดังนี้

ในอดีตเมื่อปี ค.ศ.1773 โรเวลเป็นคนที่ค้นพบยูเรียโดยการแยกสารที่มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวออกจากปัสสาวะสัตว์ เขาจึงเรียกสารนี้ว่า ยูเรีย ในปี ค.ศ.1828 วุทเลอร์ได้ทดลองเตรียมยูเรียจากสารอนินทรีย์ด้วยวิธีการให้ความร้อนแก่แอมโมเนียมไซยาเนต ซึ่งบรรจุอยู่ในหลอดทดลองที่เชื่อมปลายปิดสนิท ผลที่ได้จากปฏิกิริยาคือยูเรียซึ่งเป็นสารอินทรีย์ ดังสมการ



แอมโมเนียม ไซยาเนต

ยูเรีย

การค้นพบนี้ นับเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการค้นคว้าทดลองสังเคราะห์สารอินทรีย์จากสารอนินทรีย์ และก่อให้เกิดการศึกษาทดลองต่อเนื่องในเรื่องของยูเรียเกี่ยวกับการนำไปใช้งานต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม และการเกษตร

ลักษณะและคุณสมบัติทั่วไปของยูเรีย

ยูเรียเป็นสารประกอบอินทรีย์ มีโมเลกุลเป็นองค์ประกอบร้อยละ 46 ในสภาพบริสุทธิ์เป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้ดี มีจุดหลอมเหลวที่ 132° ซ. จุดความชื้นจากอากาศได้เมื่อทิ้งไว้จะเยิ้มเหลว

วิธีการผลิตยูเรีย

กระบวนการผลิตยูเรียที่จะกล่าวถึงนี้ใช้วัตถุดิบในการผลิต คือ แอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตแอมโมเนีย แบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

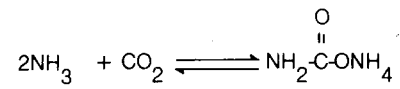
ประเภทที่ 1 กระบวนการผลิตที่ไม่มีการนำเอาแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา กลับมาใช้ใหม่

ประเภทที่ 2 กระบวนการผลิตที่นำเอาเฉพาะแอมโมเนียเท่านั้น กลับมาใช้ใหม่

ประเภทที่ 3 กระบวนการผลิตที่มีการนำแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์กลับมาใช้ใหม่ เป็นกระบวนการผลิตที่โรงงานส่วนใหญ่

ใช้กันมากที่สุด เนื่องจากไม่เกิดความเสี่ยงของวัตถุดิบ สำหรับประเภทที่ 3 มีขั้นตอนการผลิตดังนี้ คือ

ขั้นตอนที่ 1 การทำให้เกิดยูเรีย แอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตราส่วน 3.5 : 1 จะถูกป้อนเข้าไปในหม้อปฏิกรณ์เคมีที่ควบคุมความดัน 218 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 185 - 193° ซ. จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

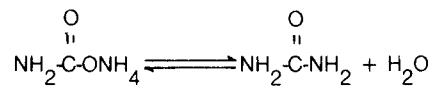


แอมโมเนีย คาร์บอน

แอมโมเนียม

ไดออกไซด์

คาร์บาเมต

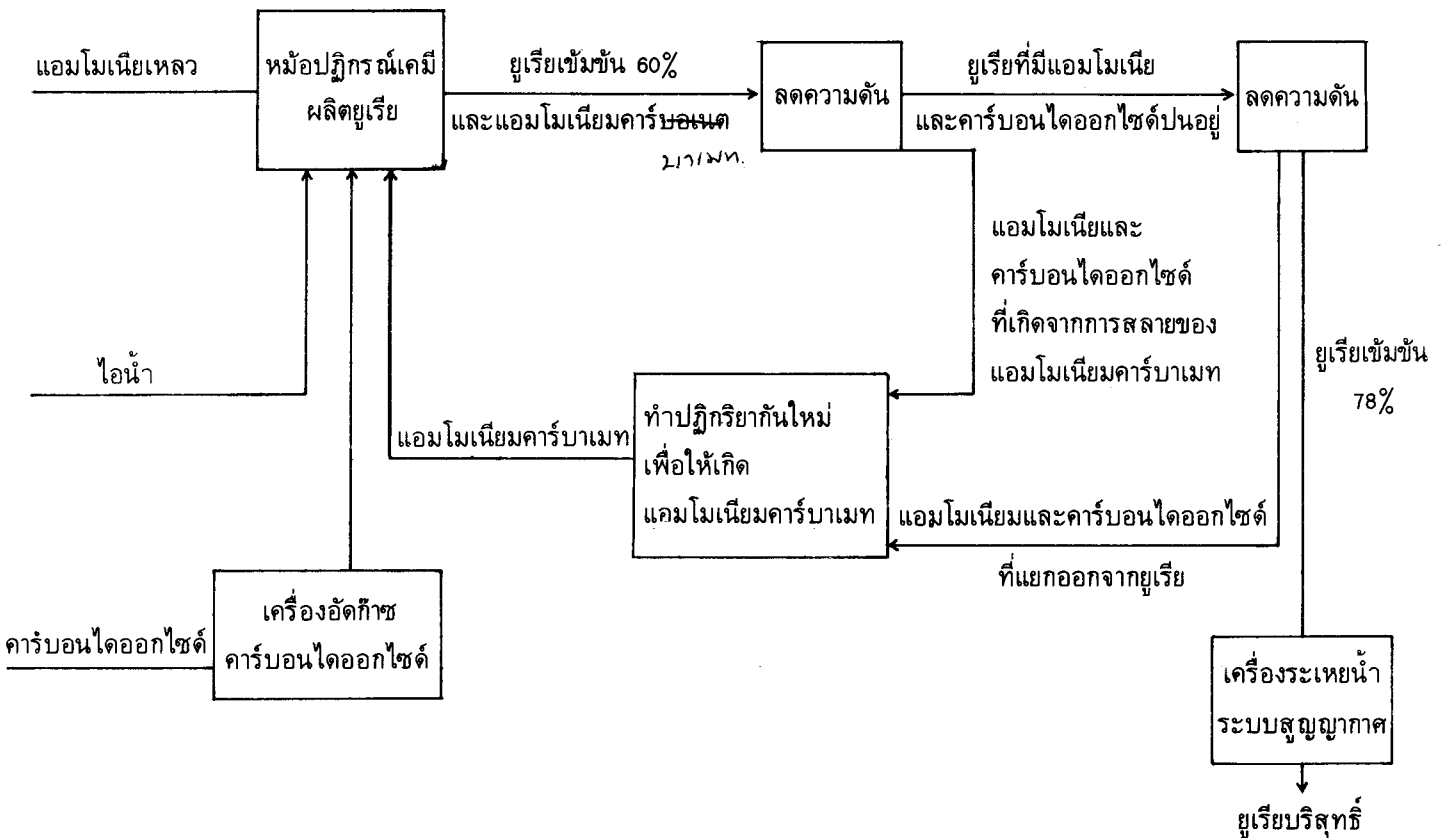


แอมโมเนียม คาร์บาเมต

ยูเรีย

น้ำ

ผลจากปฏิกิริยาจะได้ยูเรียเข้มข้นประมาณ 60% และมีแอมโมเนียมคาร์บาเมตปนอยู่ด้วย



การผลิตยูเรีย

ขั้นตอนที่ 2 การทำให้ยูเรียเข้มข้น ปล่อยสารละลายยูเรียและแอมโมเนียมคาร์บามาเมท จากหม้อปฏิกรณ์เคมี โดยการลดความดันลง ให้เหลือ 21 บรรยากาศ แอมโมเนียมคาร์บามาเมท จะสลายตัวเป็นแอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์ แยกจากสารละลายยูเรียได้บางส่วน แต่จะมีบางส่วนยังคงละลายอยู่ในสารละลายยูเรีย นำมาลดความดันลงอีกให้เหลือ 1 บรรยากาศ แอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปนอยู่ก็จะแยกออกมาจากสารละลายยูเรีย ในขั้นนี้จะได้ยูเรียเข้มข้นประมาณร้อยละ 78

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้เป็นของแข็ง บริสุทธิ์ ส่งสารละลายยูเรียเข้มข้นต่อไปยังเครื่องระเหยนำระบบสุญญากาศ จะได้ยูเรียบริสุทธิ์

สำหรับแอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 2 สามารถนำกลับมาใช้เริ่มต้นกระบวนการผลิตต่อไปได้เรื่อย ๆ ร่วมกับสารตั้งต้นที่ป้อนเข้าหม้อปฏิกรณ์เคมีไปใหม่

ประโยชน์ของยูเรีย

ยูเรียสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ได้แก่ ประโยชน์ทางการเกษตร การแพทย์ อุตสาหกรรมโพลีเมอร์และอื่น ๆ ทางด้านการเกษตร เกษตรกรใช้เป็นปุ๋ยเร่งการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะใบของพืชผัก วิธีใช้นั้น เกษตรกรอาจใช้วิธีฉีดพ่นใบพืชผักหรือผสมน้ำรดต้นไม้ก็ได้ นอกจากเป็นอาหารของต้นไม้ในรูปปุ๋ยแล้ว ผู้ผลิตสารเคมีทางการเกษตร นำมาผสมกับตัวยาค่าเป็นยากำจัดศัตรูพืชและวัชพืช ใช้เป็นแม่ปุ๋ยในการผลิตปุ๋ยผง ปุ๋ยเกล็ด ปุ๋ยน้ำประเภทต่าง ๆ และปุ๋ยยูเรียในรูปอื่น ๆ สำหรับการเลี้ยงปศุสัตว์เกษตรกรยังใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนโดยผสมกับอาหารให้กับพวกสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว ควาย เป็นต้น เพราะในกระเพาะของสัตว์พวกนี้สามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์เชิงซ้อนจากยูเรียได้ ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์ ควรผสมสารอาหารอื่นที่มีแร่ธาตุและวิตามิน เพราะยูเรียไม่มีแร่ธาตุหรือวิตามินผสมอยู่เลย ในทางการแพทย์ใช้เตรียมตัวยาบวมชนิด ยานอนหลับ ยาชับปัสสาวะ ทางอุตสาหกรรม ใช้เป็นวัตถุเติมในการทำยูเรียเรซิน ไซคลิกยูเรีย-

เรซิน และอะมิโนเรซินชนิดต่าง ๆ ประโยชน์ที่ได้จากโพลีเมอร์ซึ่งใช้ยูเรียเป็นสารตั้งต้นนี้มีมากมาย ตัวอย่างเช่น ยูเรียเรซิน และเมลามีนเรซิน สามารถนำมาทำเป็นกาว ทำเป็นภาชนะขึ้นรูปจำพวกถ้วยชามพลาสติก ที่เรียกว่าภาชนะเมลามีน และยังสามารถนำมาเคลือบเนื้อไม้ได้ด้วย ไซคลิกยูเรียเรซินนำไปใช้ในขบวนการตกแต่งสิ่งทอ ไซคลิกยูเรียเรซินที่ใช้ ได้แก่ เอททิลีนยูเรีย โปรปิลีนยูเรีย ไทโรซีนยูเรีย กรดออกซอลเรซิน และเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน ฯลฯ

ปุ๋ยยูเรียสำหรับการเกษตร

ดังได้กล่าวแล้วว่า ปุ๋ยยูเรียมีมากกว่า 1 ชนิด จึงขอเล่าถึงปุ๋ยยูเรียชนิดอื่น และเรื่องที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ คอมปาวด์ เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียและฟอร์มาลดีไฮด์ ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ไม่เท่ากัน มีทั้งชนิดละลายน้ำได้เล็กน้อยและชนิดที่ไม่ละลายน้ำเลย ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างยูเรียและฟอร์มาลดีไฮด์ สารประกอบที่จัดว่าเป็นปุ๋ยได้ต้องมีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 35 ขึ้นไป

2. ซัลเฟอร์ โทท ยูเรีย เป็นปุ๋ยยูเรียที่เคลือบผิวด้วยซัลเฟอร์เหลืองก่อน จากนั้นจึงเคลือบด้วยซีเมนต์อีกครั้งหนึ่ง ปุ๋ยชนิดนี้ซัลเฟอร์เป็นตัวควบคุมการปล่อยธาตุไนโตรเจน โดยการปรับความหนาบางของซัลเฟอร์ที่เคลือบ

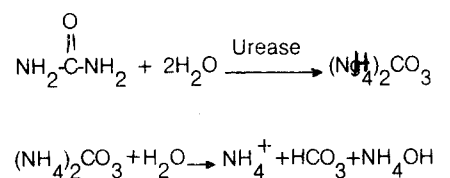
3. กาลยูเรีย คือแคลเซียมไนเตรด-ยูเรีย มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 34 และปริมาณแคลเซียมร้อยละ 10 ปุ๋ยชนิดนี้มีคุณสมบัติในการกระจายตัวดีมาก

4. ไอโซบิวทิลดีนไดยูเรีย มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 31 เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียและบิวทิวอลดีไฮด์

5. ไครโตไมลิตินไดยูเรีย มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 32.5 เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียกับไครตออลดีไฮด์ ปุ๋ยชนิดนี้ใช้ได้ผลดีกับข้าวสาลีและต้นทานตะวัน

ปฏิกิริยาของปุ๋ยยูเรียเมื่อใช้งาน

การให้ปุ๋ยยูเรียแก่พืช ให้ได้ 2 ทางคือ ใส่ในดินโดยตรงและฉีดพ่นทางใบ เมื่อใส่ปุ๋ยยูเรียลงในดินที่มีความชื้น หรือเมื่อยูเรียละลายน้ำ จะเกิดปฏิกิริยาได้แอมโมเนียมคาร์บอเนต และแอมโมเนียมอิออน โดยมีเอ็นไซม์ยูรีเอส ซึ่งมีอยู่ในดินเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้



ในสภาพที่อากาศถ่ายเทได้ดี แอมโมเนียมก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นสารพวกไนไตรท์ และไนเตรตได้ดังสมการ



พืชสามารถนำทั้งแอมโมเนียม และไนเตรตไปใช้ประโยชน์ได้

ผลของปุ๋ยต่อพืช

- สร้างความเจริญเติบโตให้กับใบ ลำต้น และผลหรือความเจริญของเมล็ด
- สร้างสีเขียว ทำให้ใบมีสีเขียวเข้ม เพื่อช่วยในการปรุงอาหารของพืช

การให้ปุ๋ยพืชควรให้ในปริมาณที่พอเหมาะ วิธีสังเกตว่าพืชได้รับปุ๋ยยูเรียมากหรือน้อยเกินไป อาจสังเกตได้ดังนี้คือ ถ้าได้รับปุ๋ยไม่เพียงพอ ใบของพืชที่อยู่ข้างล่างจะมีสีเหลืองซีด ปลายใบ และขอบใบจะค่อย ๆ แห้ง และลูกกลมเข้ามาเรื่อย ๆ จนในที่สุดร่วงและหล่นจากต้นลำต้นของพืชแคระแกรนไม่เจริญเติบโตตามปกติ แต่ถ้าได้รับปุ๋ยนี้มากเกินไป ลักษณะลำต้นใบจะมีสีเขียวจัด พืชจะแก่ช้ากว่าปกติ เพราะไนโตรเจนส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตอยู่เรื่อย ๆ ลำต้นจะหัก โคนเปราะและล้มง่าย มีอาการเหี่ยวใบ และความต้านทานโรคลดลง

ไบยูเรตในปุ๋ยยูเรีย

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยยูเรีย จะมีสารเคมีตัวหนึ่ง คือ ไบยูเรต หรือ คาร์บาไมด์ยูเรีย ($\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำยูเรียให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำ ถ้าเราใส่ปุ๋ยที่มีสารไบยูเรตอยู่เป็นปริมาณมากให้แก่พืช จะทำให้เมล็ดพืชไม่งอก หรือเมื่องอกเป็นต้นอ่อนก็จะเหี่ยวแห้งและตายไป ถ้าให้ปุ๋ยด้วยวิธีฉีดหรือพ่น จะทำให้ใบพืชเหลืองและร่วงในที่สุด ดังนั้นก่อนใช้ปุ๋ยจะต้องแน่ใจว่ามีปริมาณไบยูเรตไม่เกินร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก

ข้อควรระวังในการเก็บรักษาปุ๋ยยูเรีย

ไม่ควรเก็บปุ๋ยในที่ที่มีอุณหภูมิสูง อย่าให้ปุ๋ยสัมผัสกับกรด ต่าง หรือเอ็นไซม์ยูรีเอส เพราะสารพวกนี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้ยูเรียสลายตัวกลายเป็นแอมโมเนียและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ข้อดีของปุ๋ยยูเรีย

1. ให้ธาตุไนโตรเจนสูงมาก เมื่อเทียบกับปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่น ๆ
2. ใช้ปุ๋ยปริมาณน้อยต่อพืชจำนวนมาก จึงทำให้ลดต้นทุนต่าง ๆ ลง เช่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ค่าบรรจุ และค่าเก็บรักษา
3. ในดินเปรี้ยวหรือดินที่เป็นกรด ปุ๋ยยูเรียจะมีประสิทธิภาพในการใช้งานดีกว่าปุ๋ยแอมโมเนียมทุกชนิด ซึ่งต้องปรับดินให้เป็นกลางโดยวิธีใส่ปูนขาว
4. ปุ๋ยยูเรียสามารถใช้ได้ในรูป ปุ๋ยเม็ด ปุ๋ยเกล็ด และปุ๋ยน้ำ

5. สามารถประหยัดเงินตราในการนำเข้าของปุ๋ยยูเรีย เมื่อเทียบกับปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ได้เป็นจำนวนมาก

วิธีการตรวจสอบปุ๋ยยูเรีย

หากประสงค์จะตรวจสอบว่า ปุ๋ยที่จะใช้งานเป็นปุ๋ยยูเรียหรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยใส่ปุ๋ยจำนวนน้อยลงในหลอดทดสอบให้ความร้อนจนปุ๋ยหลอมละลาย จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำละลายโซดาไฟเข้มข้น 15% ลงไป เล็กน้อย แล้วเติมน้ำละลายจนสี 1 หยด หากเกิดสีม่วงแดง แสดงว่าเป็นปุ๋ยยูเรียอีกวิธีหนึ่ง ให้ละลายปุ๋ยในน้ำ แล้วเติมกรดไนตริกลงไป ถ้าเกิดตะกอนสีขาวของยูเรียไนเตรต $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3]$ ก็แสดงว่าเป็นปุ๋ยยูเรียเช่นกัน กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานหนึ่ง ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยชนิดอื่น ๆ เพื่อหาปริมาณของไนโตรเจนที่จะให้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณไบยูเรตซึ่งเป็นสารพิษทำอันตรายต่อพืชและคุณสมบัติอื่น ๆ ที่สำคัญและเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ยังรับวิเคราะห์ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปประกอบการขึ้นทะเบียนปุ๋ยกับกรมวิชาการเกษตรหรือเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามต้องการ

หากท่านมีปัญหาหรือสนใจเรื่องของปุ๋ยยูเรีย จะสอบถามหรือขอคำแนะนำได้ที่งานวิเคราะห์ทั่วไป กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ในวันและเวลาราชการ

เอกสารอ้างอิง

1. สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน สัมมนาวิชาการและการตลาด “ปุ๋ยยูเรีย” คุณสมบัติและการใช้ปุ๋ยยูเรีย วันที่ 24 พ.ค. 2528 : 1 - 16
2. วารสารส่งเสริมการเกษตร 11(6) ส.ค.-ก.ย. 2521 : 47-48
3. วารสาร ส.ส.ท. ฉบับเทคโนโลยี 10(48) ก.ค.-ส.ค. 2525 : 30-31
4. Clausen, C.A. and Matton, G. Principle of Industrial Chemistry. New York : John Wiley & Sons, 1978. P. 364
5. Jones, U.S. Fertilizer and Soil Fertility 2nd ed. Reston, Virginia : Reston Publishing Company, Inc, 1982. p. 58-59
6. Kirk, R.E. and Othmer, D.F. Encyclopedia of Chemical Technology. vol.2, 3rd ed. New York : John Wiley & Sons, 1980. p. 448-458
7. Kirk, R.E. and Othmer, D.F. Encyclopedia of Chemical Technology. vol.10, 3rd ed. New York : John Wiley & Sons, 1980. p. 47-56
8. Kirk, R.E. and Othmer, D.F. Encyclopedia of Chemical Technology. vol.23, 3rd ed. New York : John Wiley & Sons, 1980 p. 550
9. Material and Technology. vol.7 London : Longman 1975 p. 63
10. The Pharmaceutical Codex. 11th ed. London. The Pharmaceutical press, 1979. p. 976

