Biochar incorporated with plant micronutrient chelates as efficient soil conditioner

ไบโอชาร์กักเก็บสารคีเลตจุลธาตุอาหารพืชเพื่อพัฒนาเป็นสารปรับสภาพดินประสิทธิภาพสูง

บรรยายโดย
ดร.คมสันต์ สุทธิสินทอง* (NANOTEC)
ดร.สิทธิศักดิ์ ประสานพันธ์ (MTEC)

หัวหน้าทีมวิจัยเกษตรนาโนขั้นสูง (ANA)
ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

28/3/2025

Properties of Biochar

Porosity

- Water Holding Capacity
- Nutrient Retention
- Microbial Habitat
- Low Bulk Density
- Heavy Metal Adsorption
- Cation Exchange Capacity (CEC)

High Carbon Content

- Carbon Sequestration
- Soil Benefits
- Thermal and Chemical Stability

Low Nutrient Content (Variable)

Alkaline pH

Using of Biochar

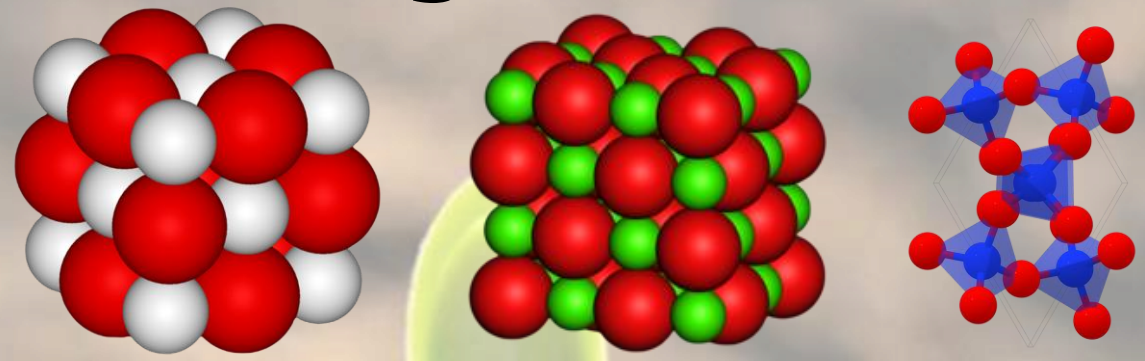
- Soil amendment
- Carbon sequestration
- Pollution control
- Waste management

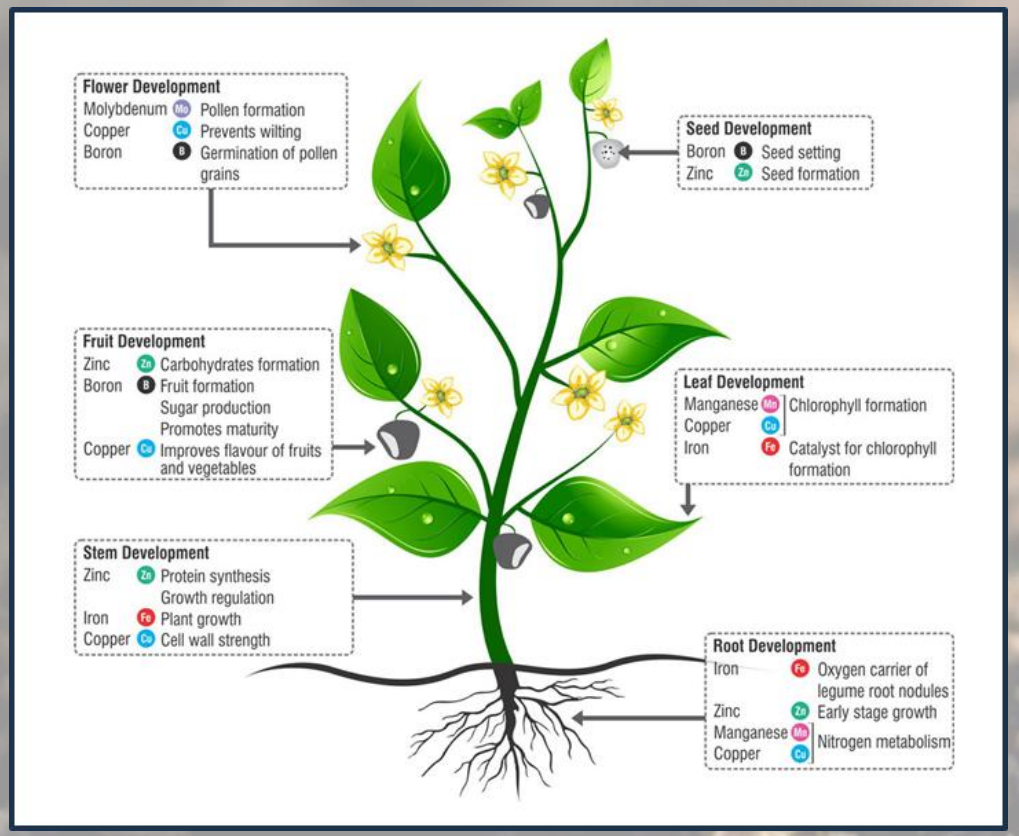
Using of Biochar in agriculture

- **เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน**: Biochar ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำในดิน, ปรับปรุงการระบายน้ำ และเพิ่มการเก็บรักษาแร่ธาตุต่างๆ เช่น ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งช่วยให้พืชเติบโตได้ดีขึ้น
- **ปรับสมดุล pH ของดิน**: Biochar มักมีค่า pH ที่เป็นด่าง ซึ่งสามารถช่วยปรับดินที่มีความเป็นกรดให้เหมาะสมกับการเพาะปลูก
- **กระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์**: Biochar เป็นที่อยู่อาศัยที่ดีสำหรับจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์และส่งเสริมการหมุนเวียนของสารอาหารในดิน

Pain point of using Biochar in agriculture

- Alkaline pH
- Ash from oxides of Ca, Mg, Si
- Low nutrient contents





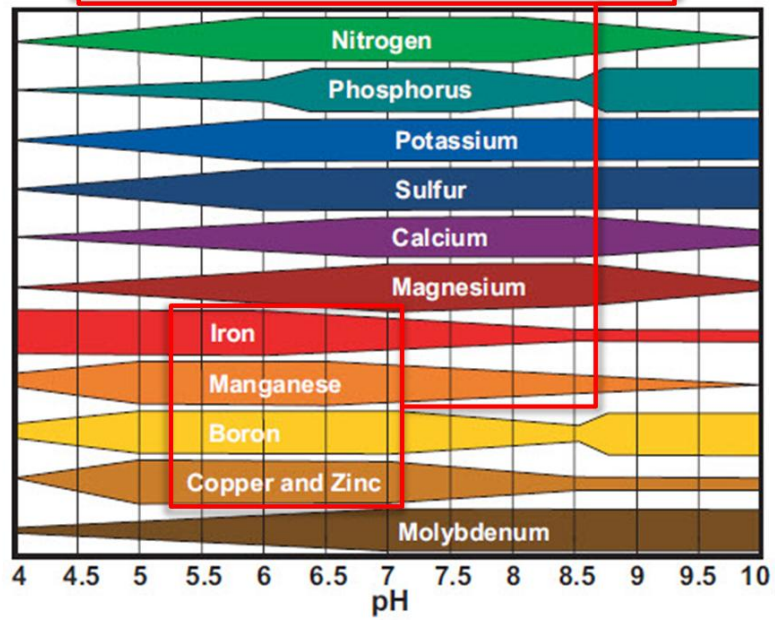
การตกตะกอน

ธาตุรอง-เสริมสามารถ**ตกตะกอน**กับปุ๋ยหลัก เช่น ฟอสฟอรัส หรือปุ๋ยรอง เช่น ซัลเฟอร์ได้

Nutrient	Ions Absorbed by Plants
Structural elements	
Carbon, C	CO_2
Hydrogen, H	H_2O
Oxygen, O	O_2
Primary nutrients	
Nitrogen, N	NO_3^-, NH_4^+
Phosphorus, P	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}
Potassium, K	K^+
Secondary nutrients	
Calcium, Ca	Ca^{+2}
Magnesium, MG	Mg^{+2}
Sulfur, S	SO_4^{-2}
Micronutrients	
Boron, B	$H_2BO_3^-$
Chlorine, Cl	Cl^-
Ccbalt, Co	Co^{+2}
Copper, Cu	Cu^{+2}
Iron, Fe	Fe^{+2}, Fe^{+3}
Manganese, Mn	Mn^{+2}
Molybdenum, MO	MoO_4^{-2}
Zinc, Zn	Zn^{+2}

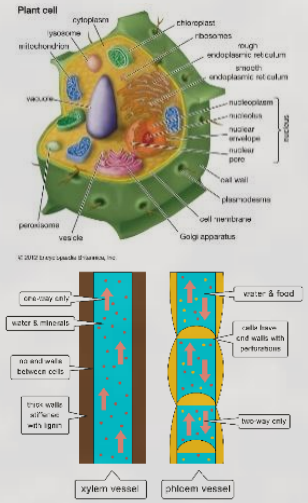
ความเป็นกรด-ด่างที่ไม่เหมาะสมของดิน

ธาตุรอง-เสริมส่วนใหญ่จะละลายได้ดีในช่วง pH5-7
หากเกินกว่าช่วงนี้ จะเกิดการ**ตกตะกอน**



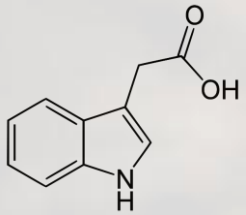
Plant micronutrients

ประโยชน์
เป็นโครงสร้างผนังเซลล์ของพืช
ทำให้พืชมีความแข็งแรง และ
ช่วยในการสร้างโปรตีน ช่วยขยายขนาด
ของผลและป้องกันไม่ให้ผล เกา
หรือฟกแตก ทำให้เนื้อแน่น
ป้องกันแกนไส้นิ่ม รสชาติและสีดีขึ้น
ช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากลำต้น
ใบมาสู่ผล และเมล็ดสามารถเก็บสะสมอาหาร
ผลมีการพัฒนาเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์
ลดปัญหาการหลุดร่วงของผลได้

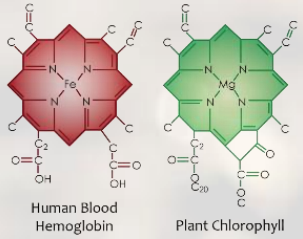


ประโยชน์
ช่วยในการผสมเกสร ผสมเกสรดี
ป้องกันเมล็ดลีบ เพิ่มน้ำหนัก
ช่วยในการย่อยและสังเคราะห์โปรตีน
และคาร์โบไฮเดรต
ช่วยการขนย้ายน้ำตาลทางท่ออาหาร
ในพืชจำเป็นสำหรับการงอกของ
ละอองเรณูและการเจริญของ
ท่อนิวเคลียสของเรณู
มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดูดและคายน้ำ
และการสังเคราะห์แสง

ประโยชน์
เกี่ยวข้องในการสร้างสาร
ควบคุมการเจริญเติบโต (Auxin)
ที่ปลายยอด
ช่วยให้พืชแตกตาดอกและตายอด
เพิ่มคุณภาพของผลผลิต
แก้ปัญหาการขาด
ธาตุสังกะสี แก้อาการใบแก้ว ใบลายในส้ม
ช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะอากาศ
หนาวได้ดีขึ้น

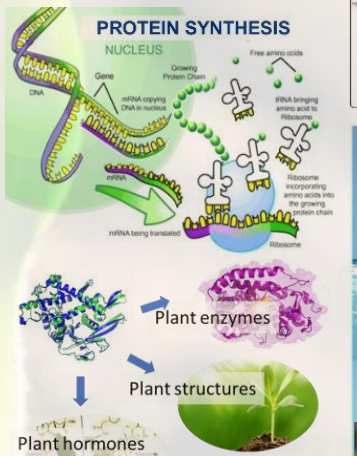


ประโยชน์
เป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์
หรือสีเขียวที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง
ช่วยให้ใบพืชมีสีเขียวเข้มมากขึ้น
ช่วยในการสร้างพลังงาน
ดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ไปใช้ได้มากขึ้น
ช่วยในการเจริญเติบโตของต้นพืช
และช่วยในการเคลื่อนย้าย
ธาตุฟอสฟอรัสในพืช

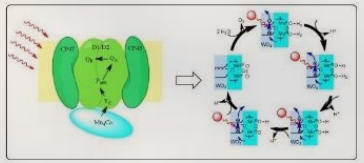


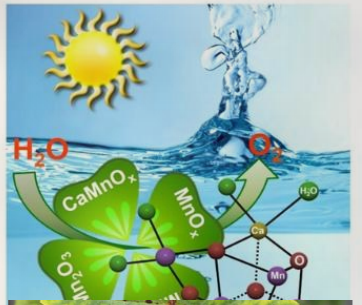
ประโยชน์
ธาตุนี้จะช่วยในกระบวนการหายใจของพืช
ทำให้พืชใช้ธาตุเหล็กได้มากขึ้น
มีหน้าที่ทางอ้อมในการสร้างคลอโรฟิลล์
โดยช่วยเพิ่มโมเลกุลคลอโรฟิลล์
และช่วยป้องกันการทำลายคลอโรฟิลล์
ทำให้พืชมีอายุยาวขึ้น

ประโยชน์
เป็นองค์ประกอบ
ของเอ็นไซม์หลายชนิด
และเป็นตัวสำคัญใน
กระบวนการหายใจ ของพืช



ประโยชน์
ธาตุนี้มีบทบาทสำคัญในการ
สังเคราะห์แสง มีส่วนในเมตาบอลิซึม
ของเหล็กและไนโตรเจน





20 **Ca** Calcium 40.08

5 **B** Boron 10.81

30 **Zn** Zinc 65.4

12 **Mg** Magnesium 24.305

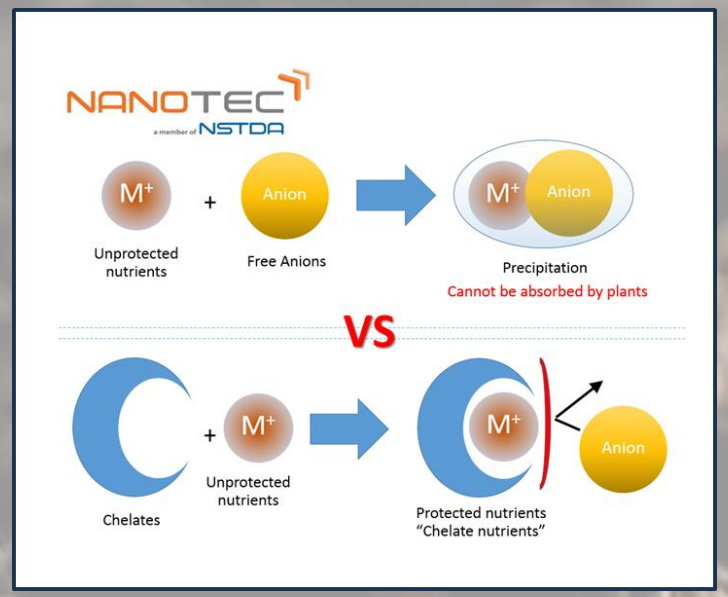
29 **Cu** Copper 63.55

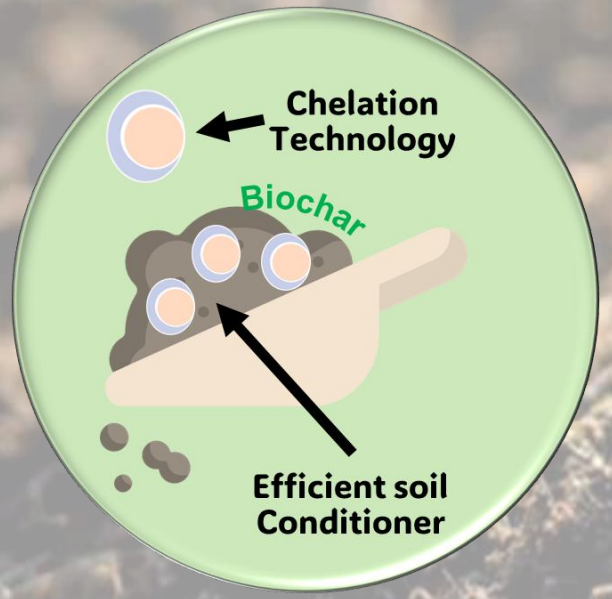
26 **Fe** Iron 55.84

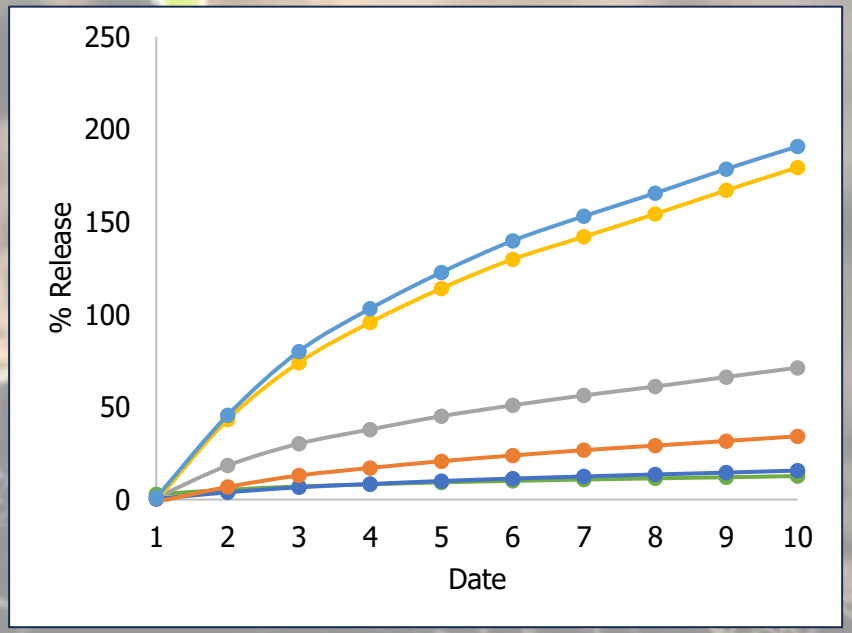
25 **Mn** Manganese 54.938

Objective of research

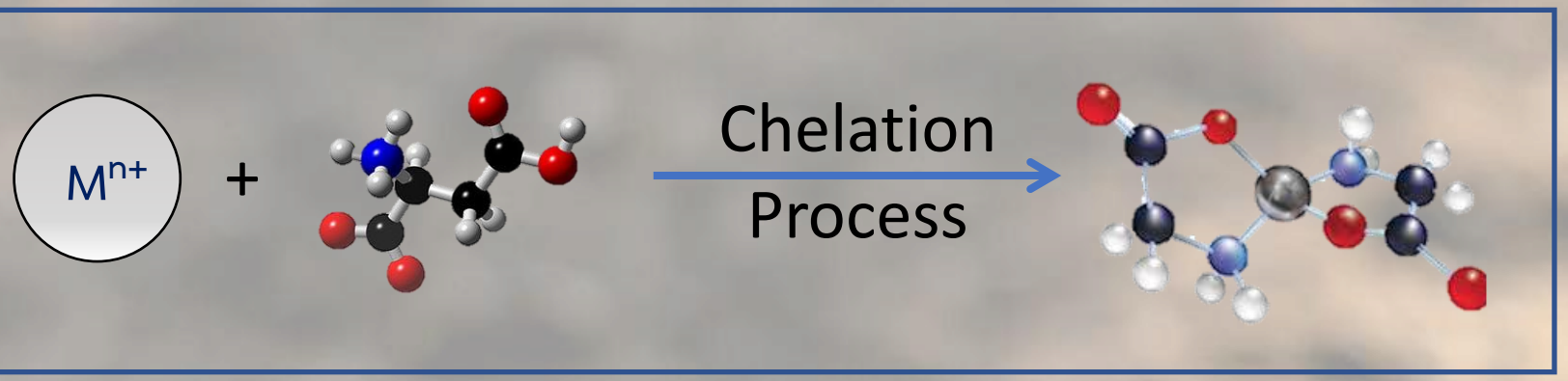
1. พัฒนาไบโอชาร์กักเก็บสารคีเลตจุลธาตุอาหารพืชเพื่อใช้เป็นสารปรับคุณภาพดินประสิทธิภาพสูง
2. วิเคราะห์ทดสอบเพื่อพิสูจน์ว่าไบโอชาร์กักเก็บสารคีเลตจุลธาตุอาหารพืชมีองค์ประกอบของธาตุอาหารตรงตามที่ระบุไว้
3. ทดสอบความสามารถในการปลดปล่อยจุลธาตุจากเถ้าลอยกักเก็บ

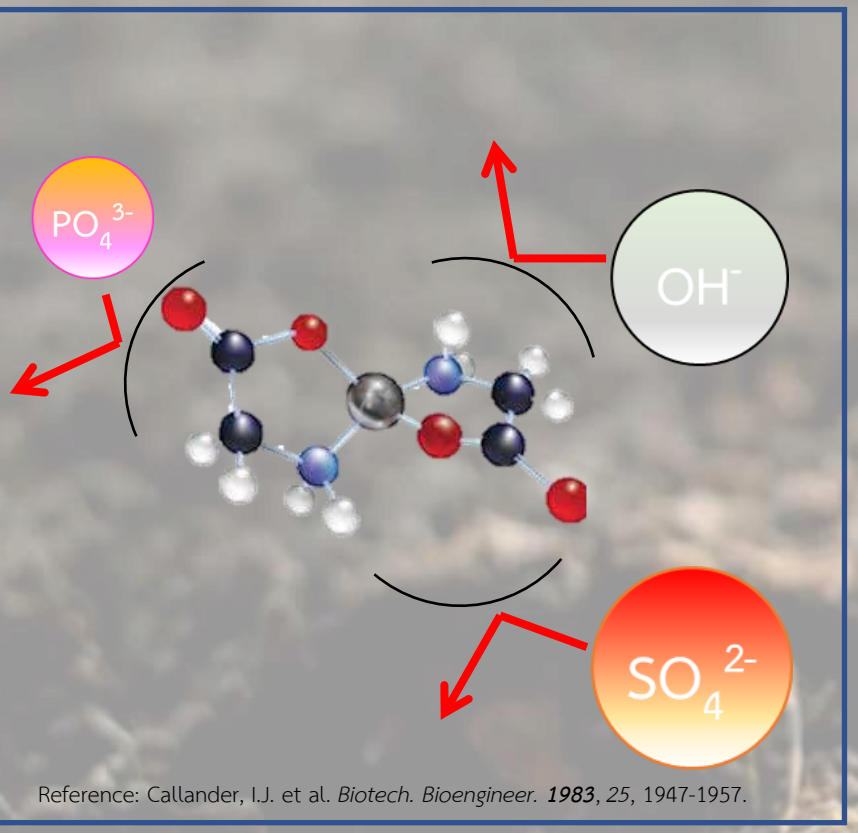




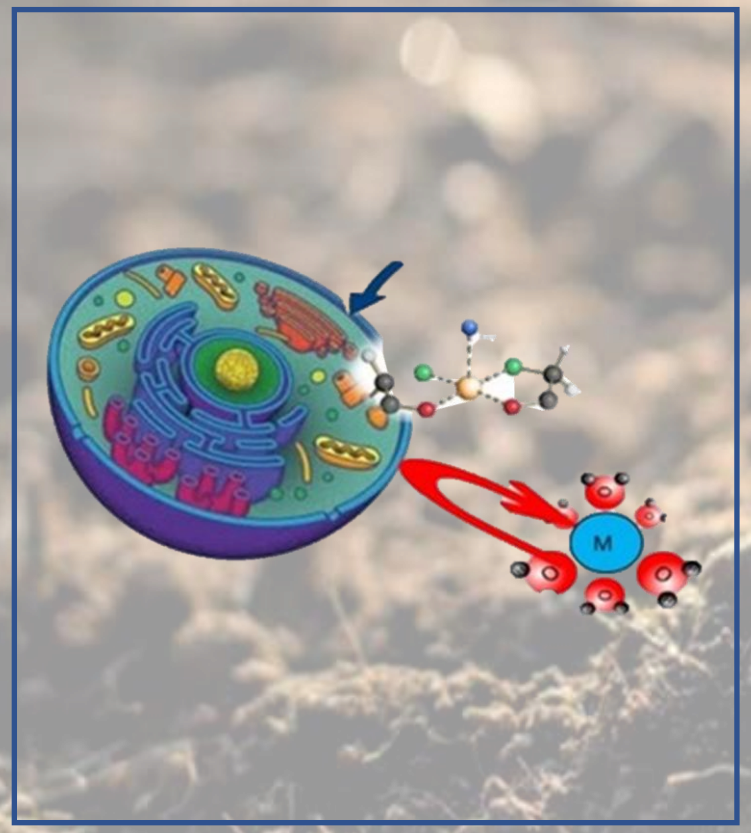


Chelation technology





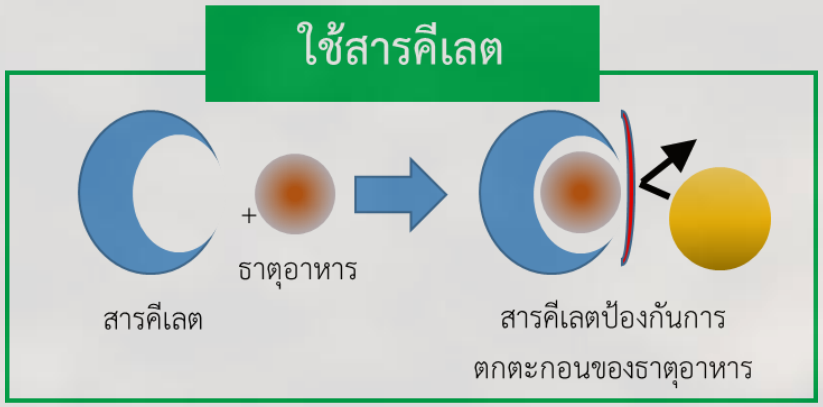
Reference: Callander, I.J. et al. *Biotech. Bioengineer.* ***1983***, *25*, 1947-1957.

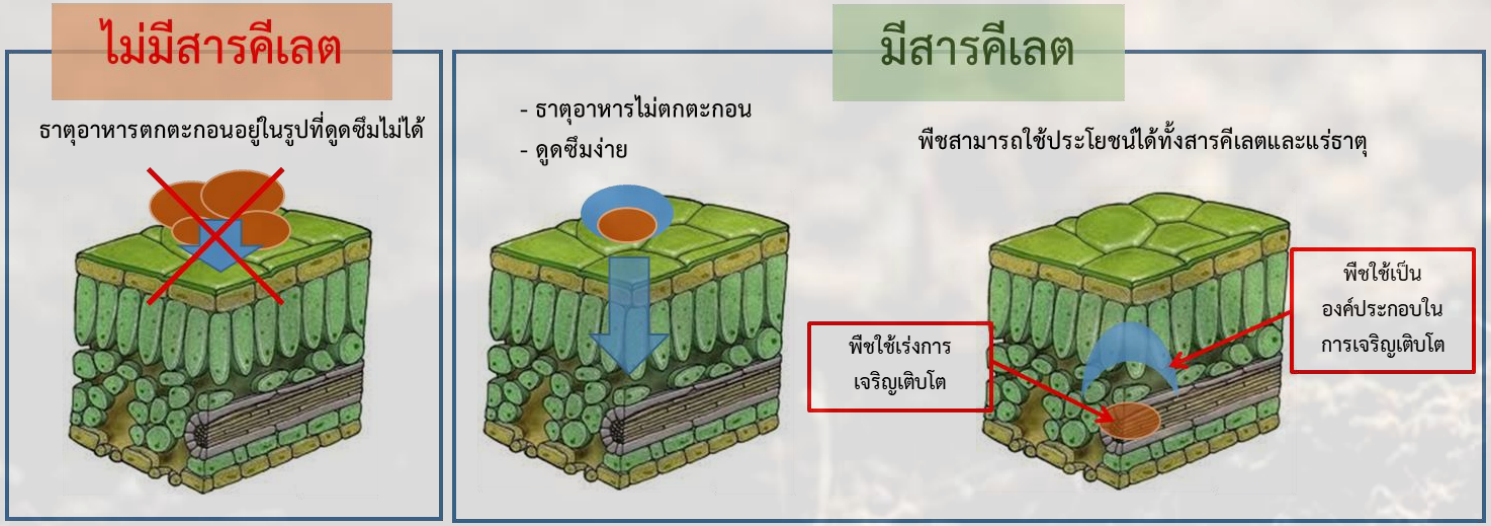


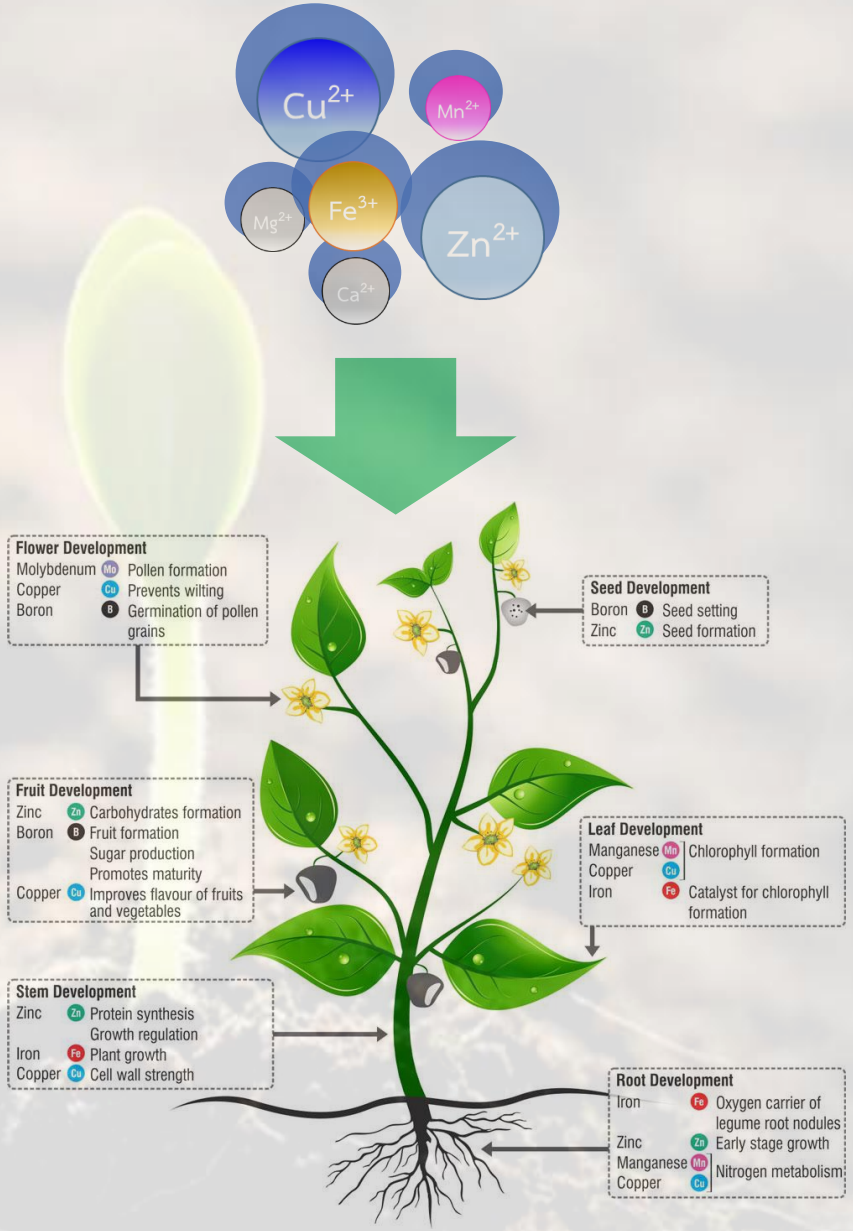
Chelated Mineral for Human

Chelated Micronutrient for Plants

Chelate fertilizers

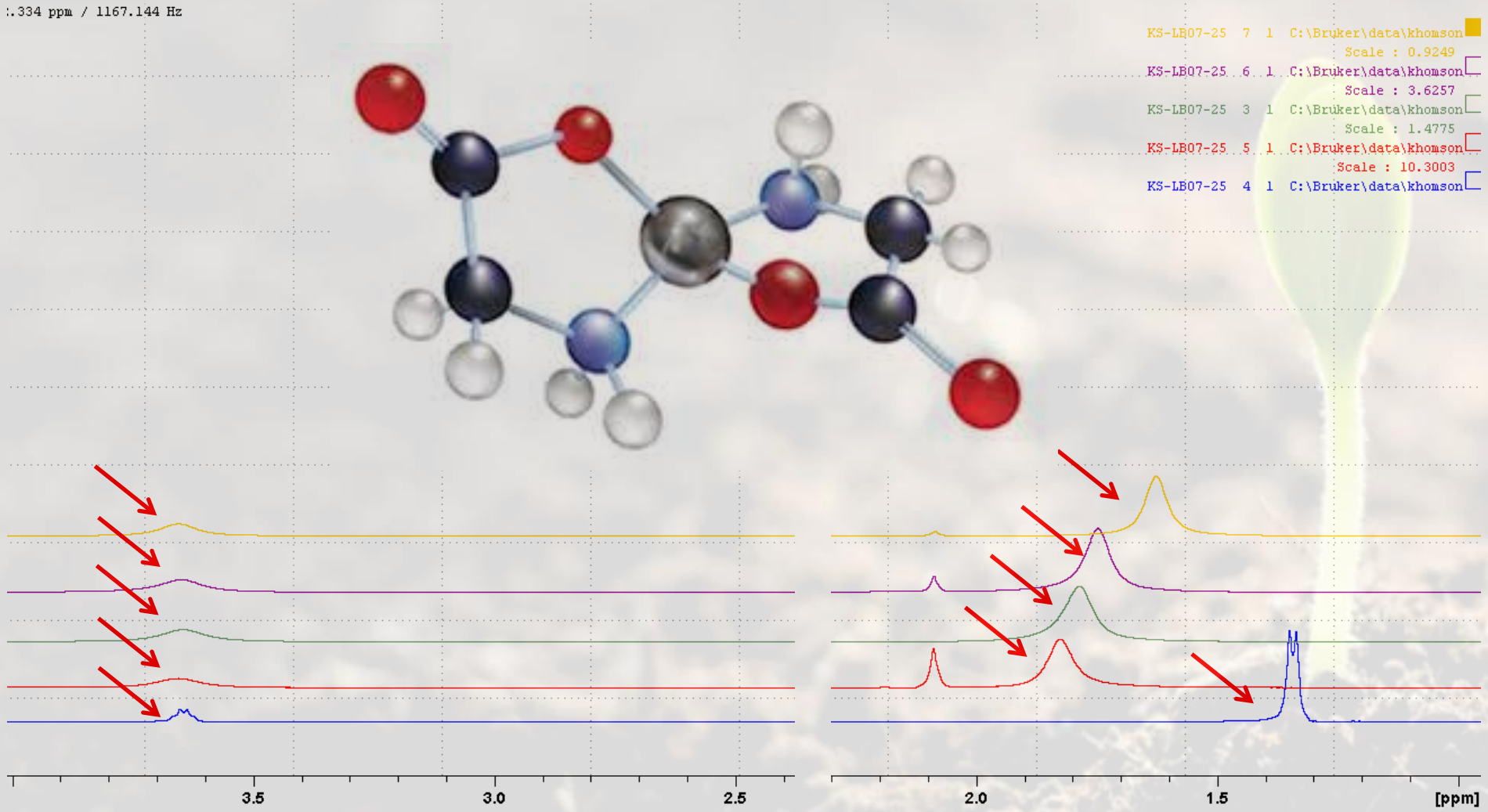






Reference: Fakharzadeh, S. et al. *Scientific Reports* **2020**, *10*, 4351.

Chelate fertilizers



ธาตุอาหาร : กรดอะมิโน

1.0 : 2.0
1.0 : 1.5
1.0 : 1.0
1.0 : 0.5
0.0 : 1.0

อัตราส่วนโดยโมล

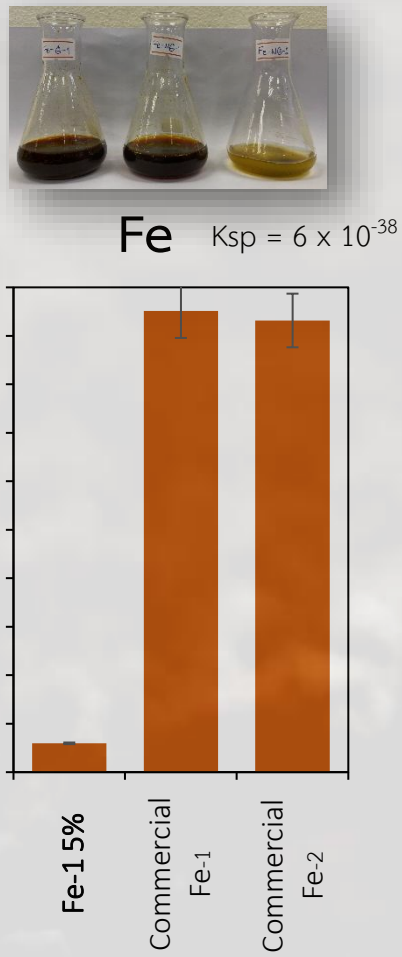
Bai, L. et al. Study on the Methods of Separation and Detection of Chelates. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* **2000** 50:1, 78-89.

Chelate fertilizers

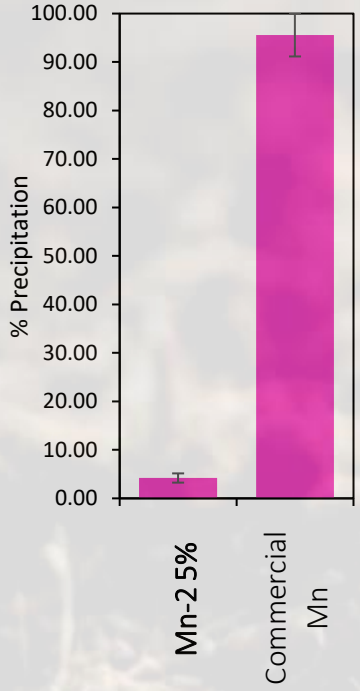
$$M^{n+}(aq) + nOH^{-}(aq) \longrightarrow M(OH)_n(s)$$

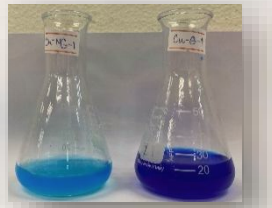
Modified method from J.F. Blais et al., Metals precipitation from effluents: Review, *Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manage.* ***2008***, 12, *135-149.*

Fe Ksp = 6×10^{-38}

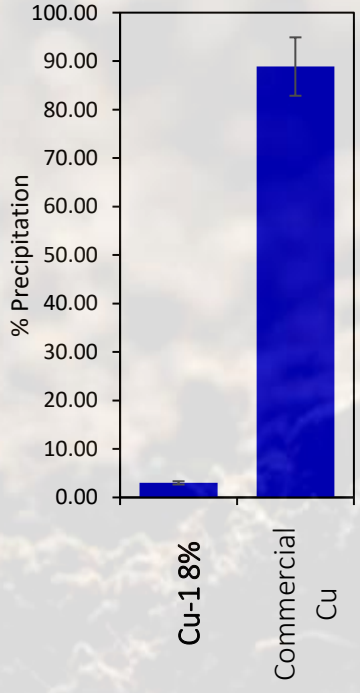


Mn Ksp = 2×10^{-13}

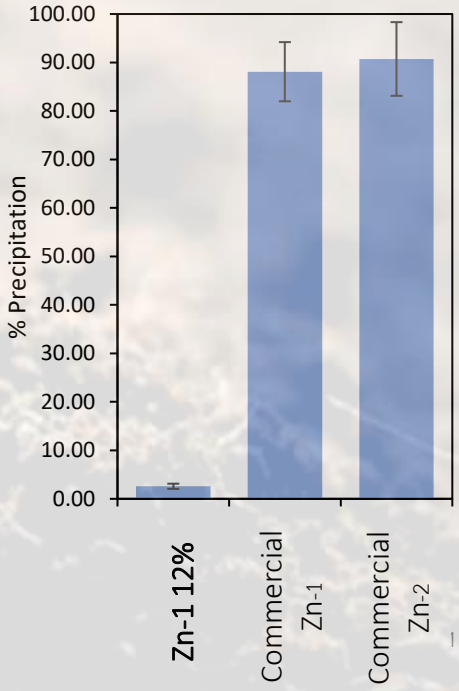




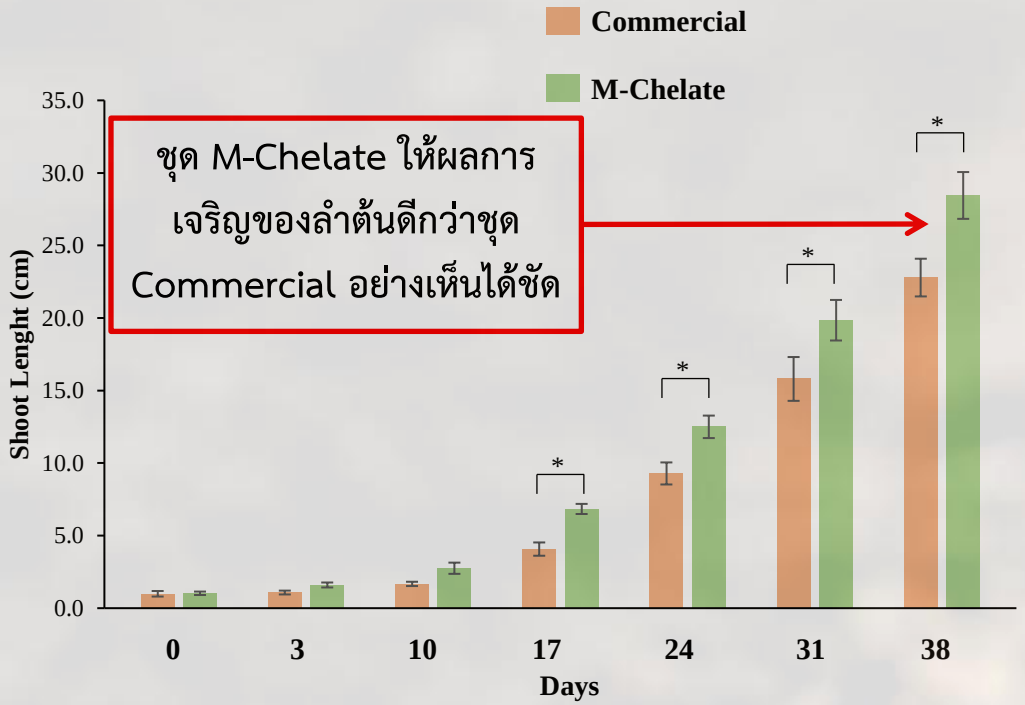
Cu Ksp = 2×10^{-19}

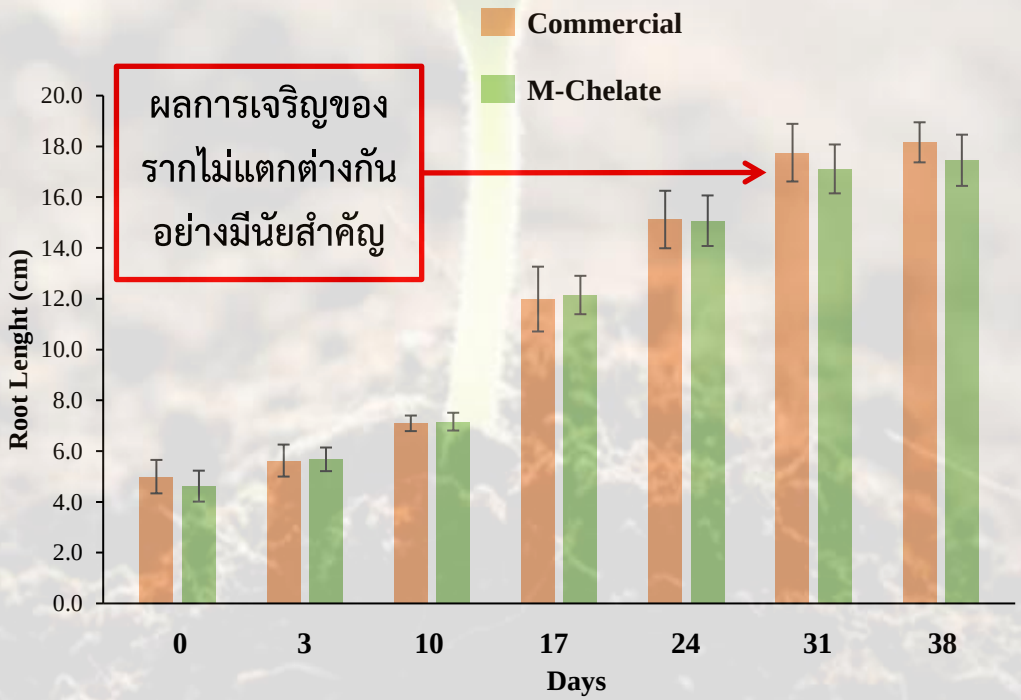


Zn Ksp = 5×10^{-17}

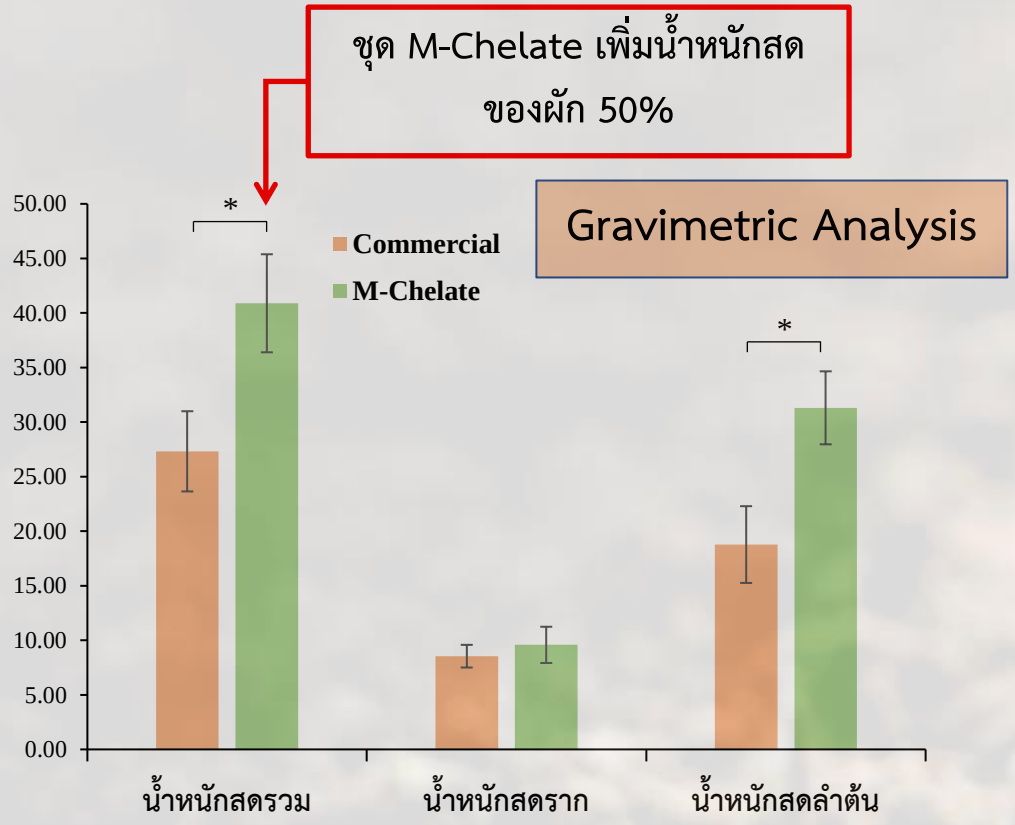


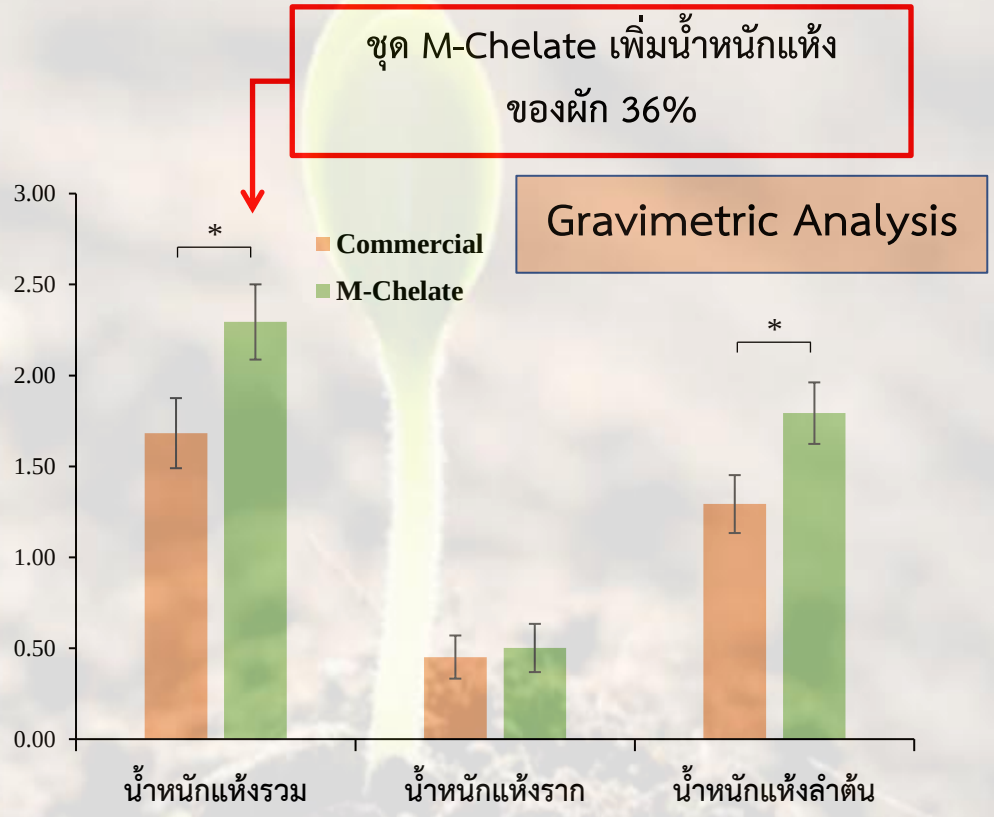
Chelate fertilizers





Chelate fertilizers





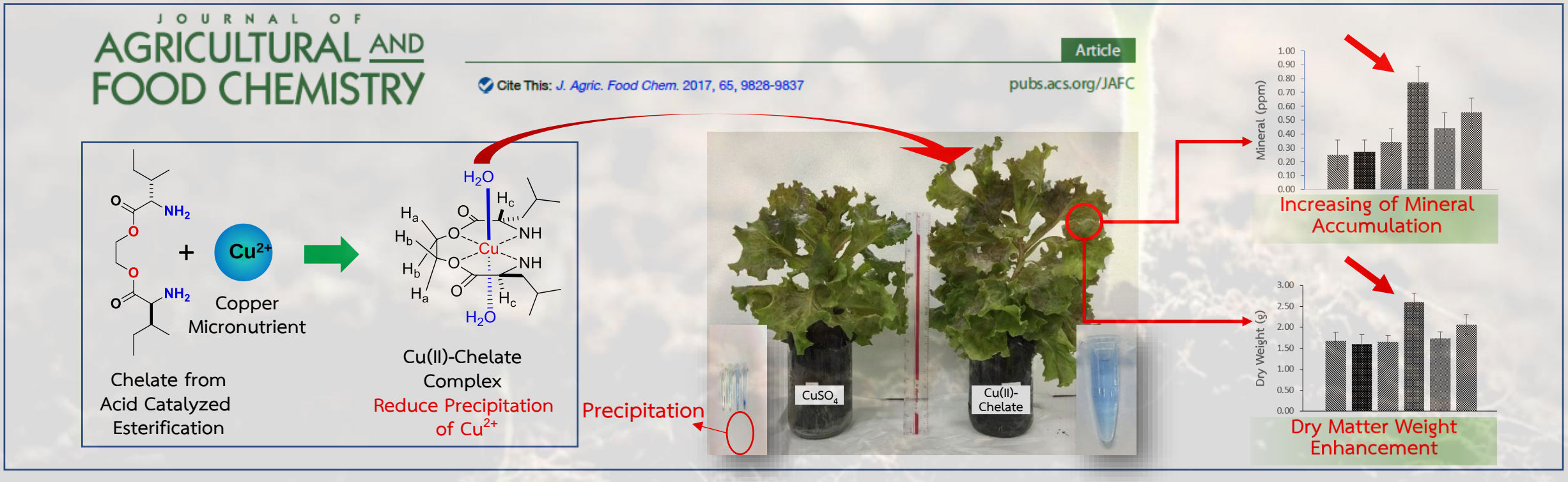
International publication (Chelate fertilizers)

บทความตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ

ชื่อเรื่อง: Synthesis of Copper-chelates Derived from Amino Acids and Evaluation of Their Efficacy as Copper Source and Growth Stimulator for *Lactuca Sativa* in Nutrient Solution Culture

วารสาร: Journal of Agricultural and Food Chemistry **2017**, *65*, 9828-9837, **Impact Factor 2016: 3.154**

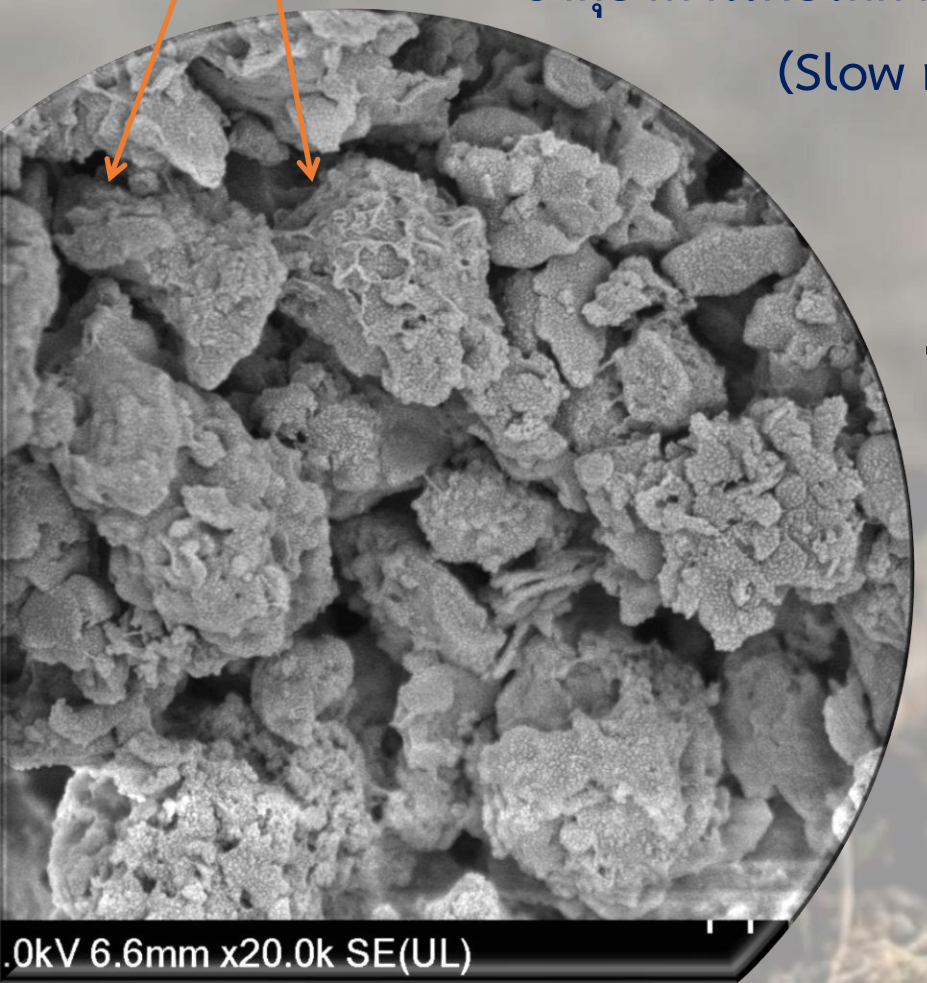
คณะผู้วิจัย: Narongpol Kaewchangwat (30%), Sattawat Dueansawang (5%), Gamolwan Tumcharern (10%), Khomson Suttisintong* (corresponding author, 55%)



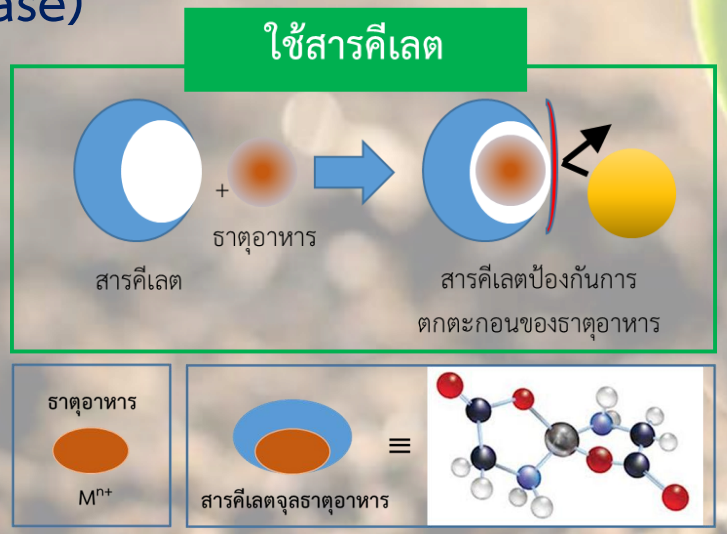
Concept of the research on biochar

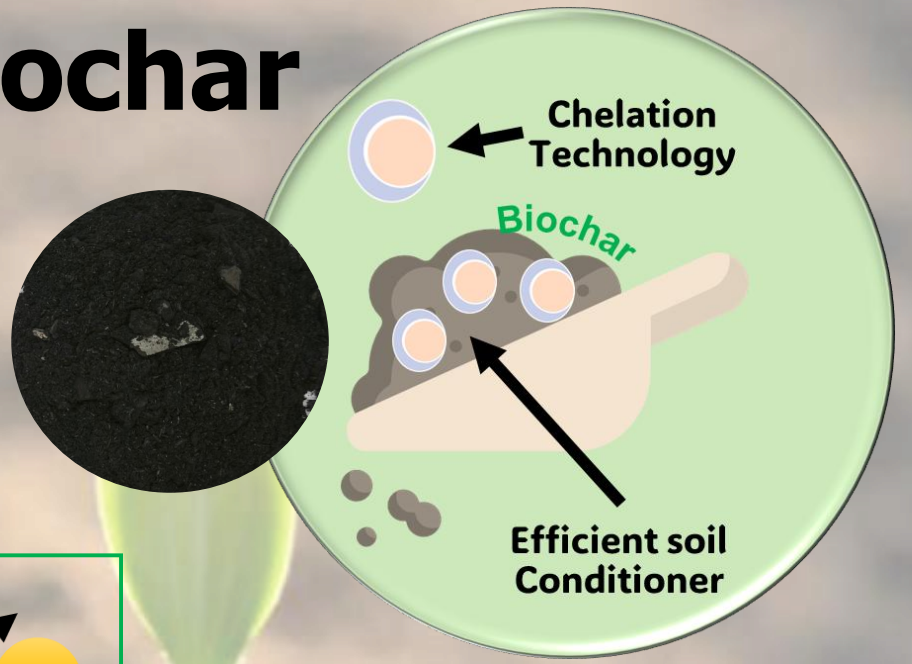
ลักษณะรูพรุนของไบโอชาร์

ไบโอชาร์มีรูพรุน รวมถึงพื้นผิวที่มีรูพรุนสูง จึงเหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาเป็นวัสดุกักเก็บธาตุอาหารเพื่อให้การปลดปล่อยอย่างช้าๆ (Slow release)



+

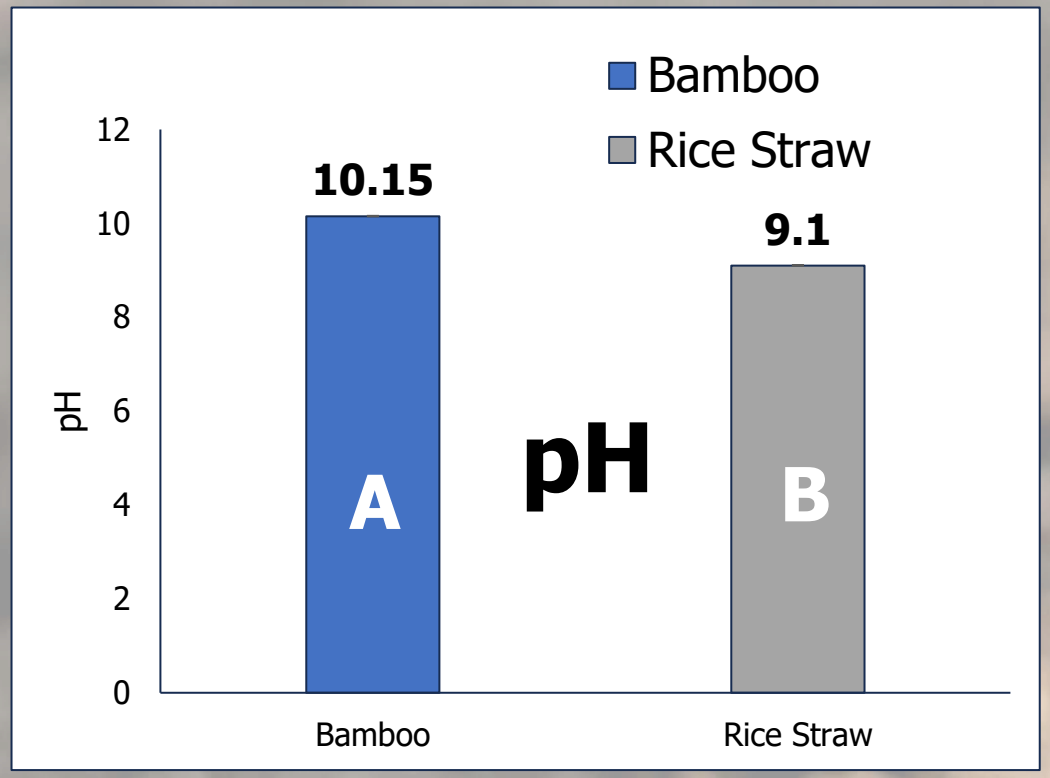




ผลลัพธ์ของโครงการจึงทำให้เกิดสารปรับสภาพดินประสิทธิภาพสูง ที่ช่วยเพิ่มแร่ธาตุให้กับดิน และเร่งการเจริญเติบโตของพืช

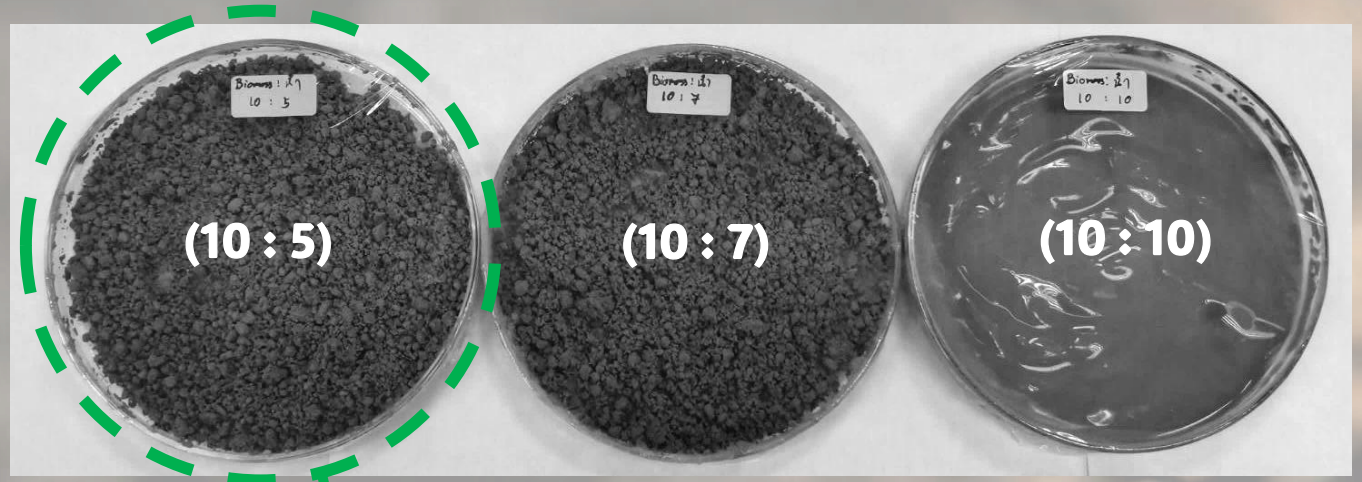
สารคีเลตธาตุอาหารที่พัฒนาโดยศูนย์นาโนฯ จะช่วยเพิ่มธาตุอาหารที่จำเป็นให้กับพืช และช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารในรูปการณ์ตกตะกอน และช่วยปรับ pH ของไบโอชาร์ด้วย

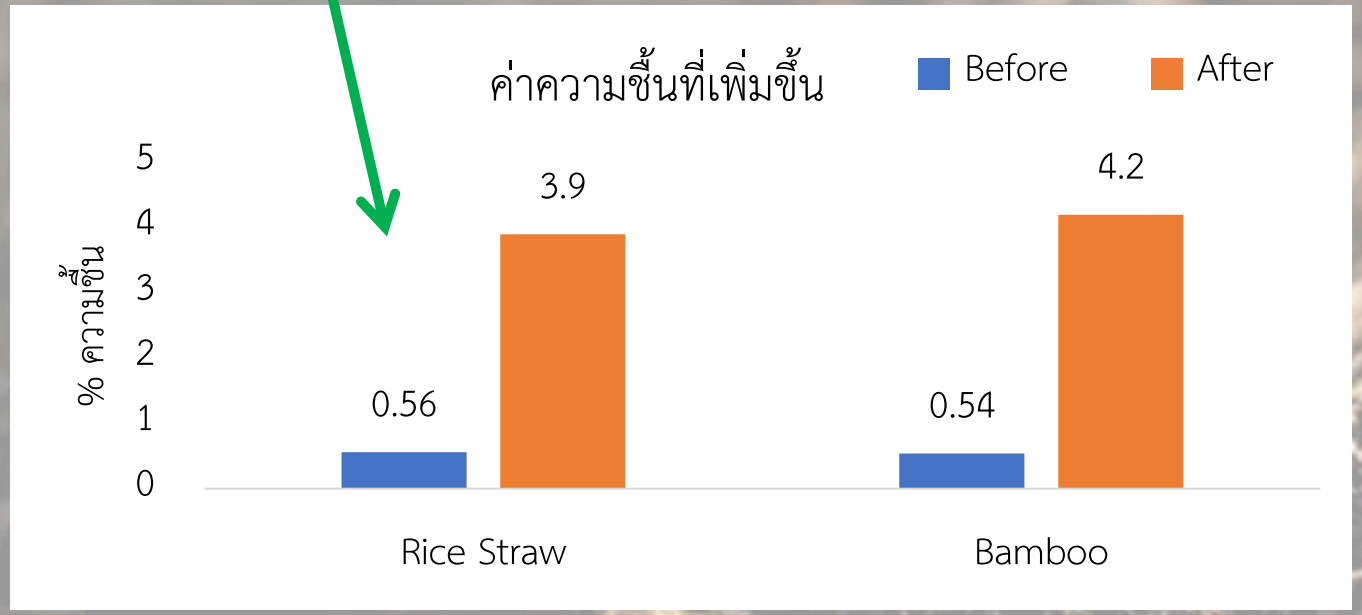
Physical property of biochar



Water absorption of biochar

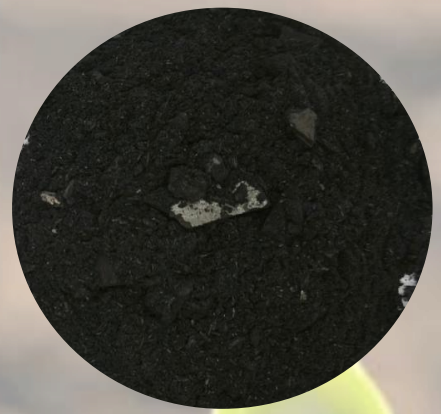
Biochar : น้ำ (w/w)

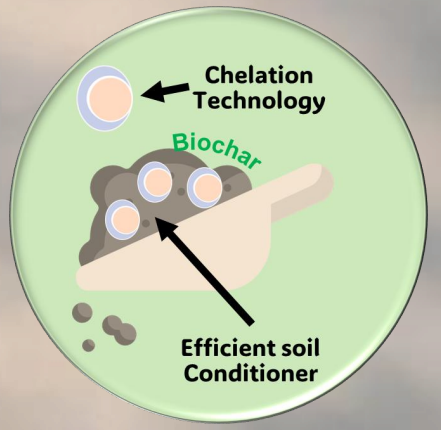


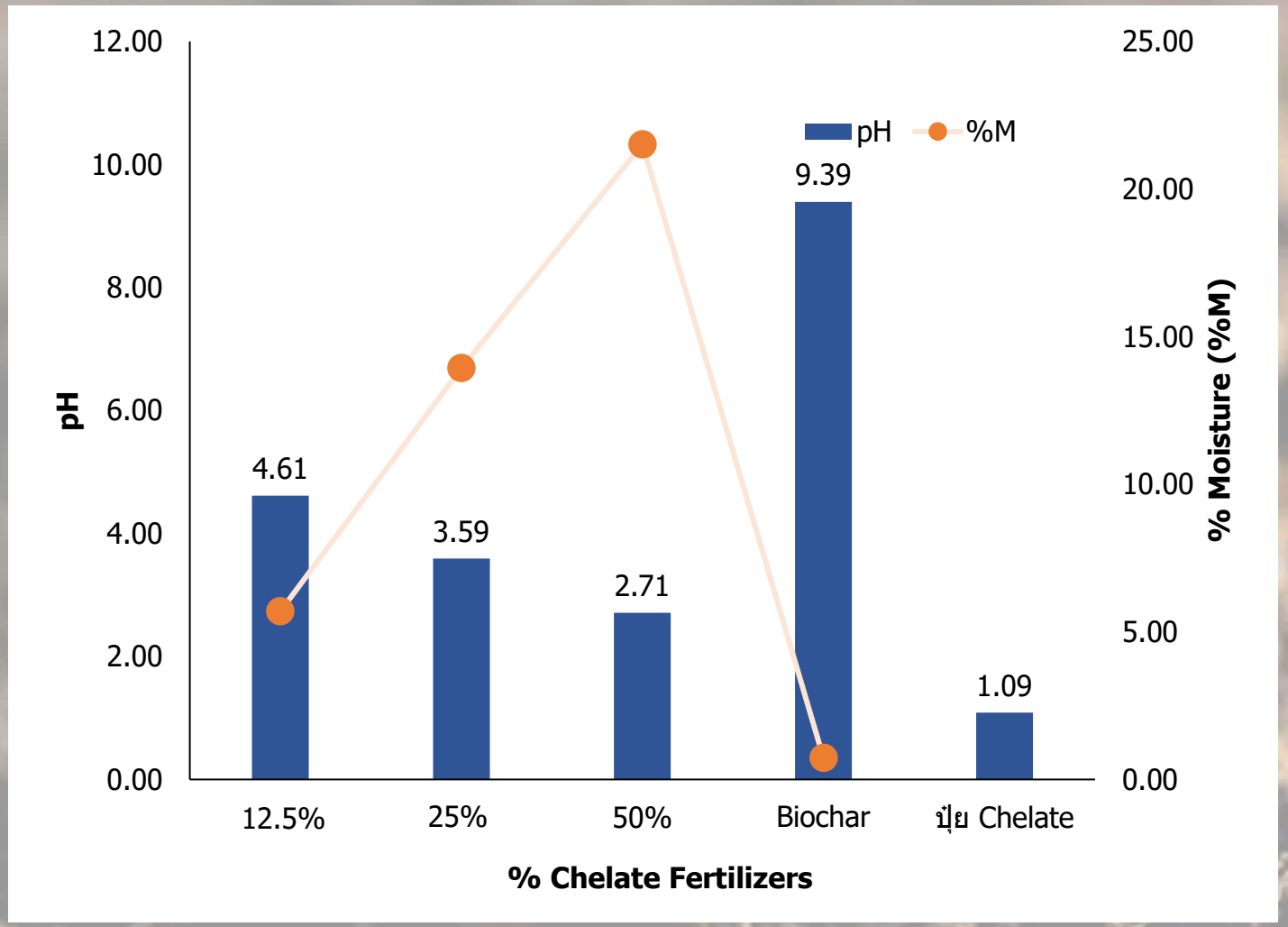


Moisture Content: Sartorius, Germany
Temperature : 105°C

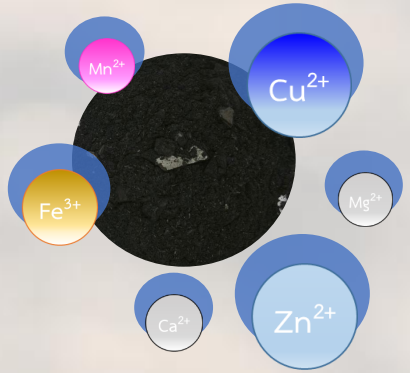
Biochar incorporated with Micronutrient chelate

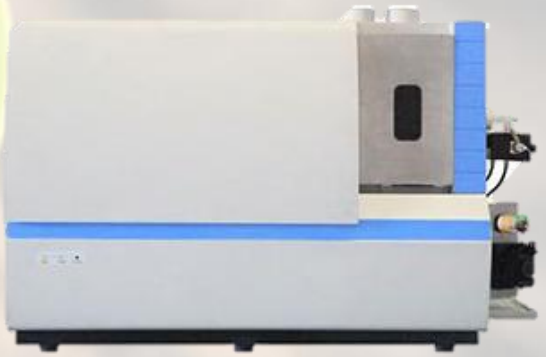




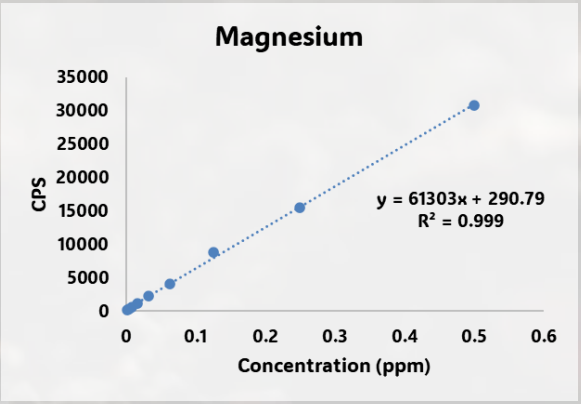


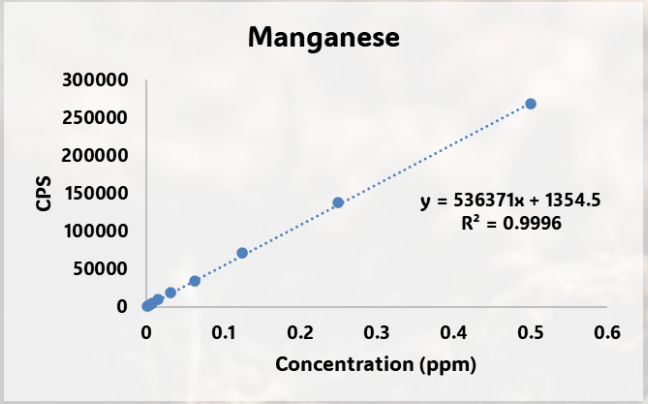
Release profile of micronutrient From biochar

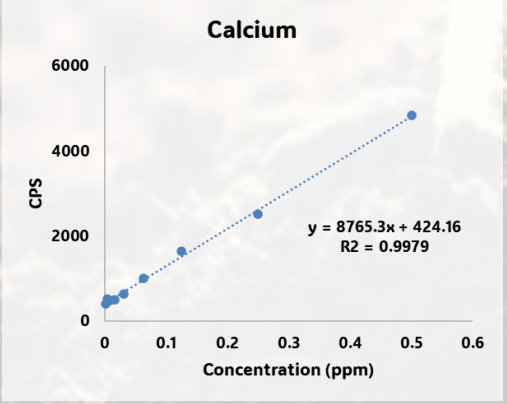


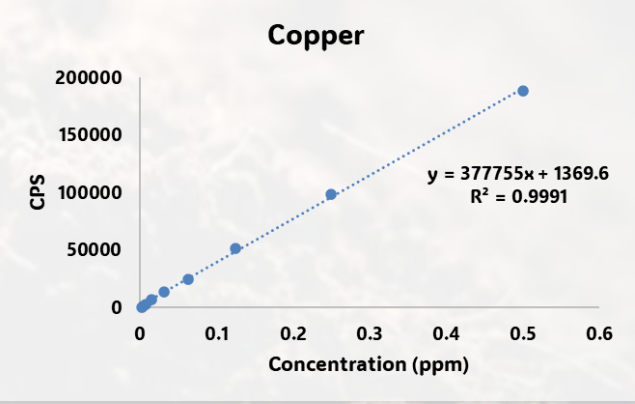


ICP-MS (Agilent Technologies, รุ่น 7900)

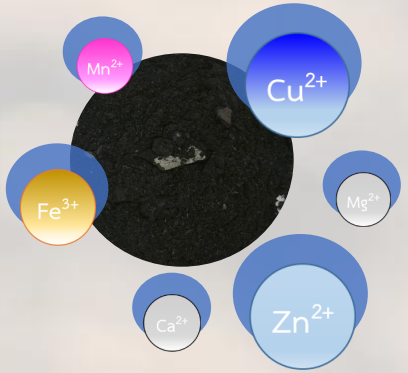


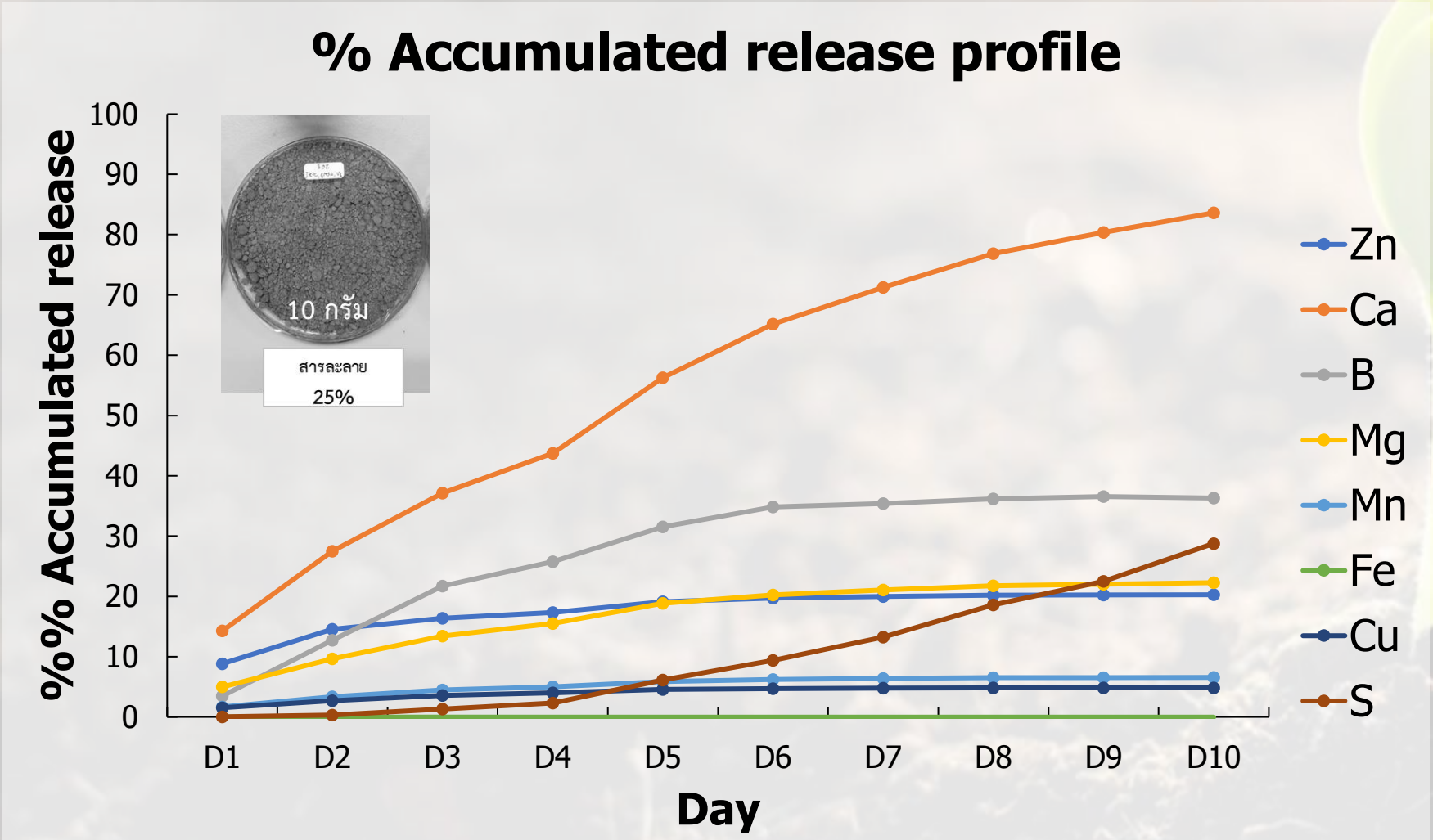






Release profile of micronutrient From biochar

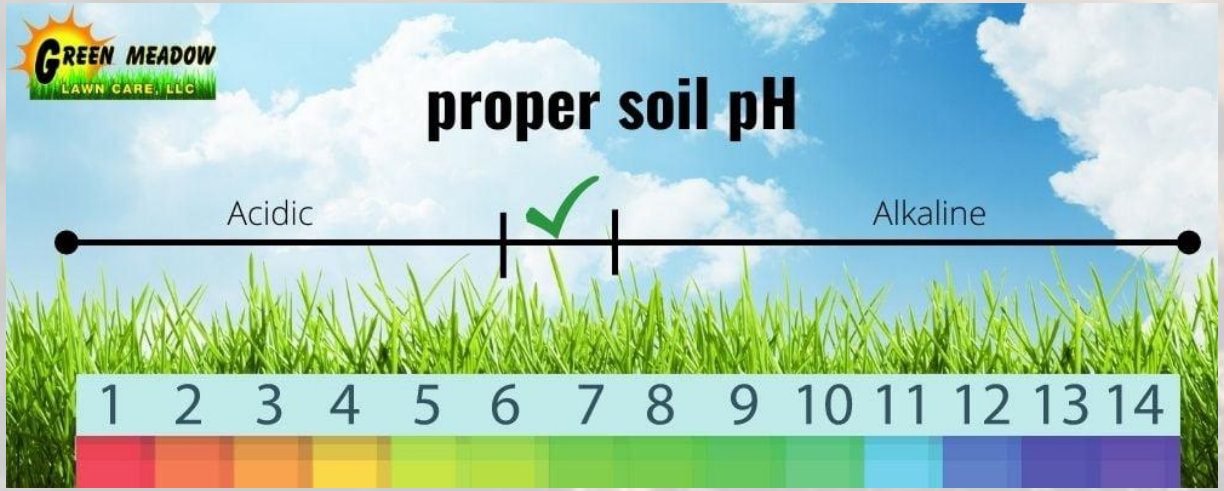


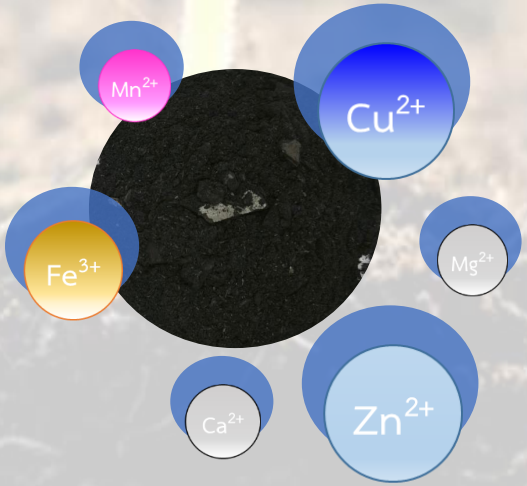


Zn	สังกะสี
Ca	แคลเซียม
B	โบรอน
Mg	แมกนีเซียม
Mn	แมงกานีส
Fe	เหล็ก
S	กำมะถัน
Cu	ทองแดง

pH change after release of Micronutrient from biochar

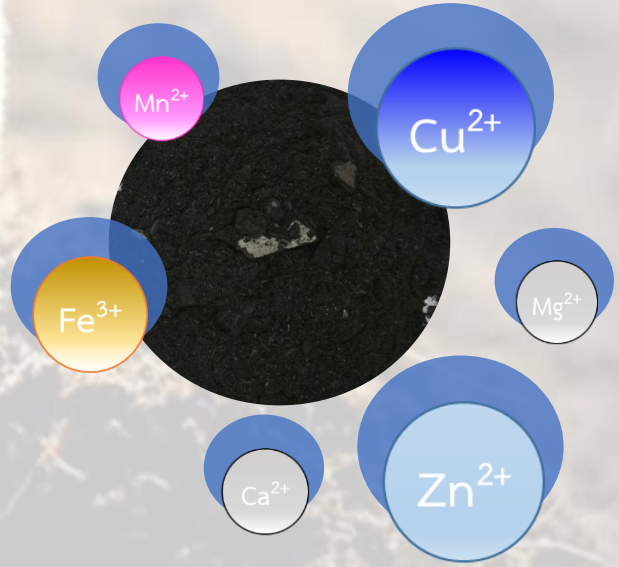
Day	pH									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.5%	7.36	→	→	→	7.83	→	→	→	→	8.05
25.0%	6.49	→	→	→	7.45	→	→	→	→	8.01
50.0%	5.68	→	→	→	6.93	→	→	→	→	8.15





Future work

1. ขยายขนาดการผลิตสารปรับปรุงดินประสิทธิภาพสูงจากไบโอชาร์กักเก็บสารคีเลตธาตุอาหารพืช
2. ทดสอบประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินและการเร่งการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจ
3. การคำนวณอัตราการใช้และความถี่ในการใช้ต่อหนึ่งหน่วยพืชที่
4. การคำนวณต้นทุน เพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์



Thank you