

Mikronährstoffe und Mechanismen der Nährstoffaufnahme

Priv. Doz. DI Dr. Eva Oburger
Institut für Bodenforschung
BOKU – Universität für Bodenkultur



- Mikronährstoffverfügbarkeit im Boden
- Mechanismen der Mikronährstoff Mobilisation & Aufnahme in Pflanzen



17 essentielle Pflanzennährstoffe

Makronährstoffe (9):

Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff,
Kalium, Kalzium, Magnesium, Stickstoff,
Phosphor, Schwefel

Mikronährstoffe (8):

Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Nickel, Chlor,
Bor, Molybdän

17 essentielle Pflanzennährstoffe

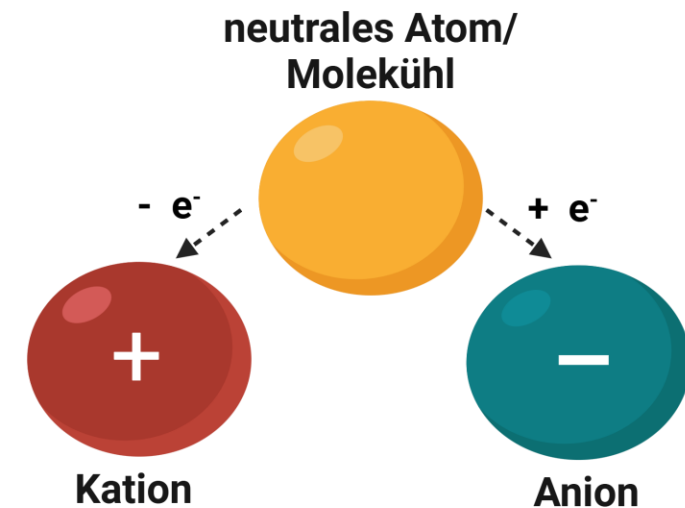
Makronährstoffe (9):

Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff,

Kalium, Kalzium, Magnesium, Stickstoff,
Phosphor, Schwefel

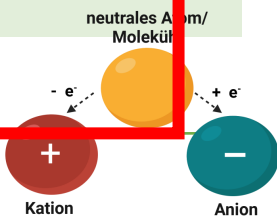
Mikronährstoffe (8):

Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Nickel, Chlor,
Bor, Molybdän



Vorkommen & Verfügbarkeit von Mikronährstoffen

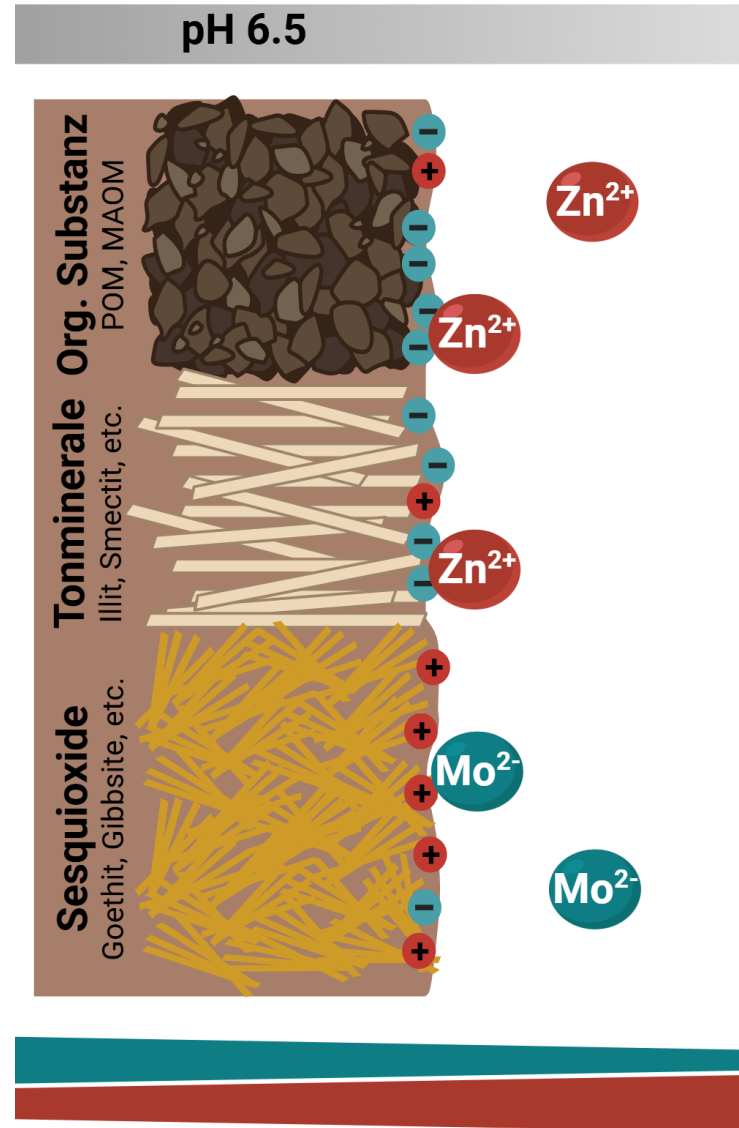
Micronutrients	Tissue conc. mg/kg	Function in the plant	Total soil contents mg/kg	Ionic form in soil	Phytoavailability in soil mg/kg
Chlorine (Cl)	100-400	Involved in osmosis, ionic balance, and photosynthesis (as chloride).	100-10,000	Cl ⁻	1-100
Boron (B)	20-100	Crucial for cell wall formation , membrane function, and reproductive development	2-200	H ₃ BO ₃ , B(OH) ₄ ⁻	0.2-5
Molybdenum (Mo)	0.1-1	Necessary for nitrogen fixation and nitrate reduction	0.1-10	MoO ₄ ²⁻	0.01-0.2
Iron (Fe)	50-150	Essential for chlorophyll synthesis and as a cofactor in many enzymes	2,000 - 50,000	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	2.5-50
Manganese (Mn)	20 -100	Involved in photosynthesis , respiration, and nitrogen assimilation	20-10,000	Mn ²⁺	1-50
Zink (Zn)	20-50	Important for enzyme function, protein synthesis , and growth regulation	10-300	Zn ²⁺	0.5-10
Copper (Cu)	5-20	Plays a role in photosynthesis , respiration, and lignin synthesis	1-200	Cu ²⁺	0-1-5
Nickel (Ni)	0.1-1	Necessary for urease enzyme activity in nitrogen metabolism	50-500	Ni ²⁺	0.02-0.5



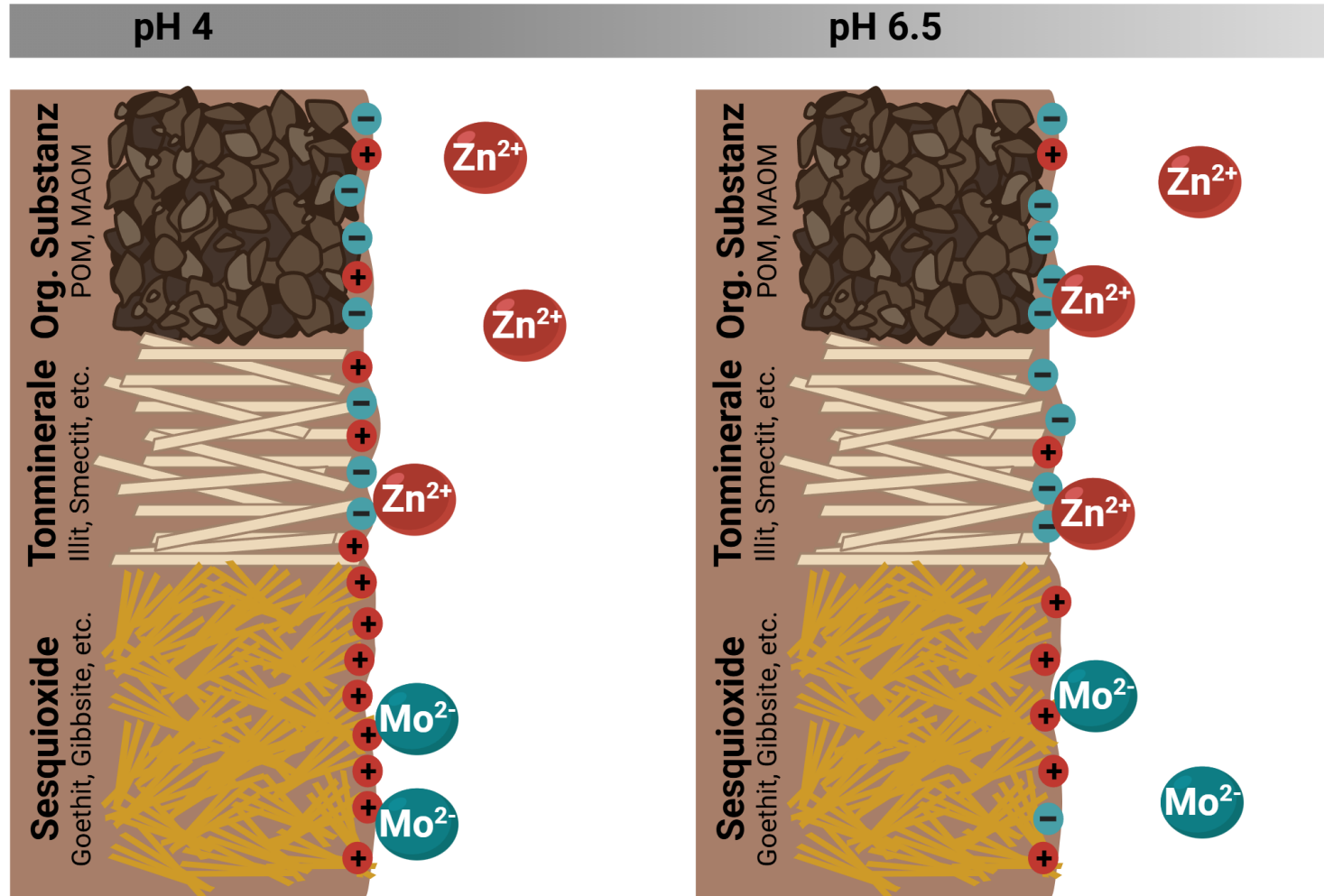
Oberflächenladung, Ionen Ladung & pH



Oberflächenladung, Ionen Ladung & pH

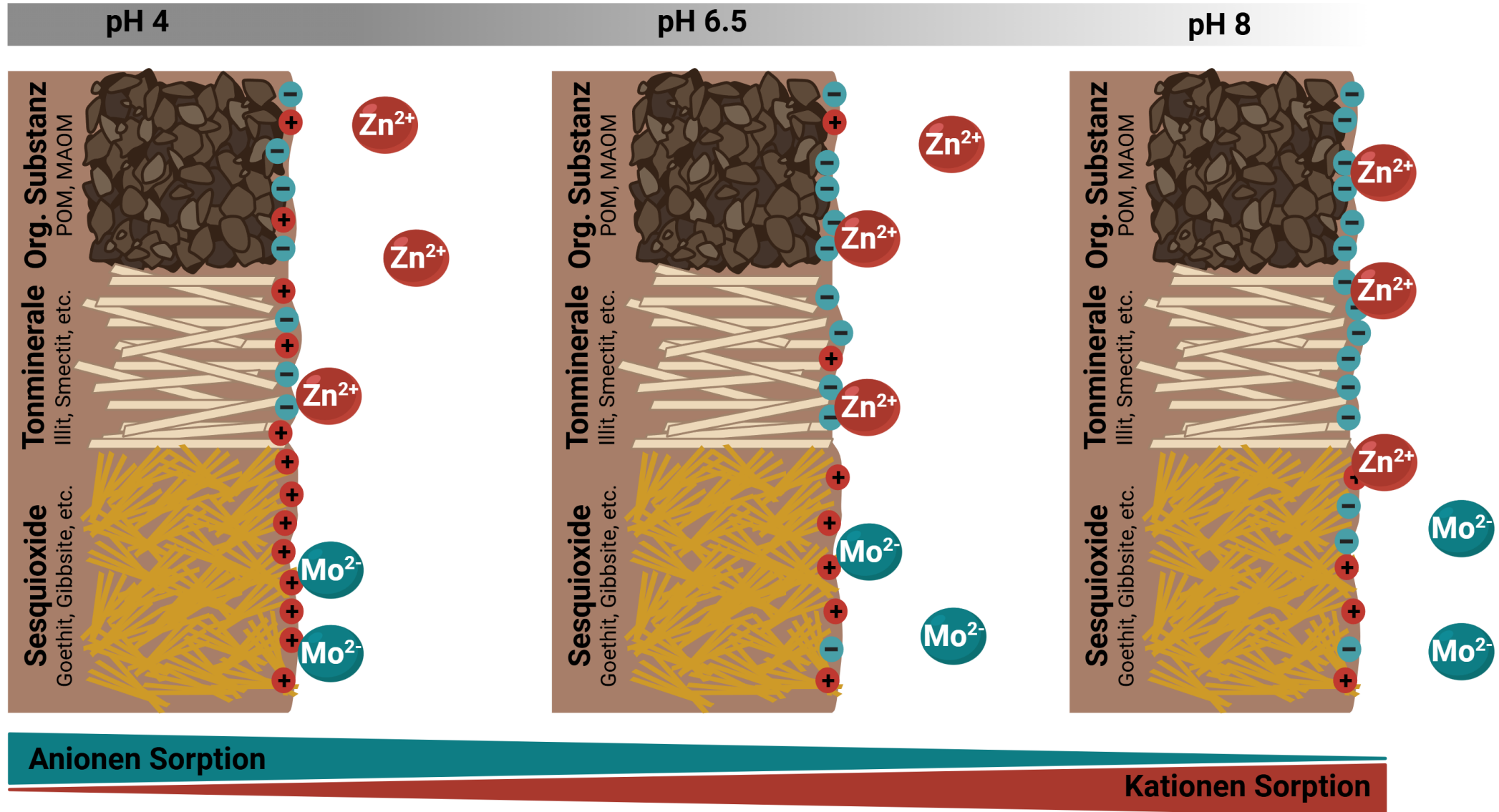


Oberflächenladung, Ionen Ladung & pH

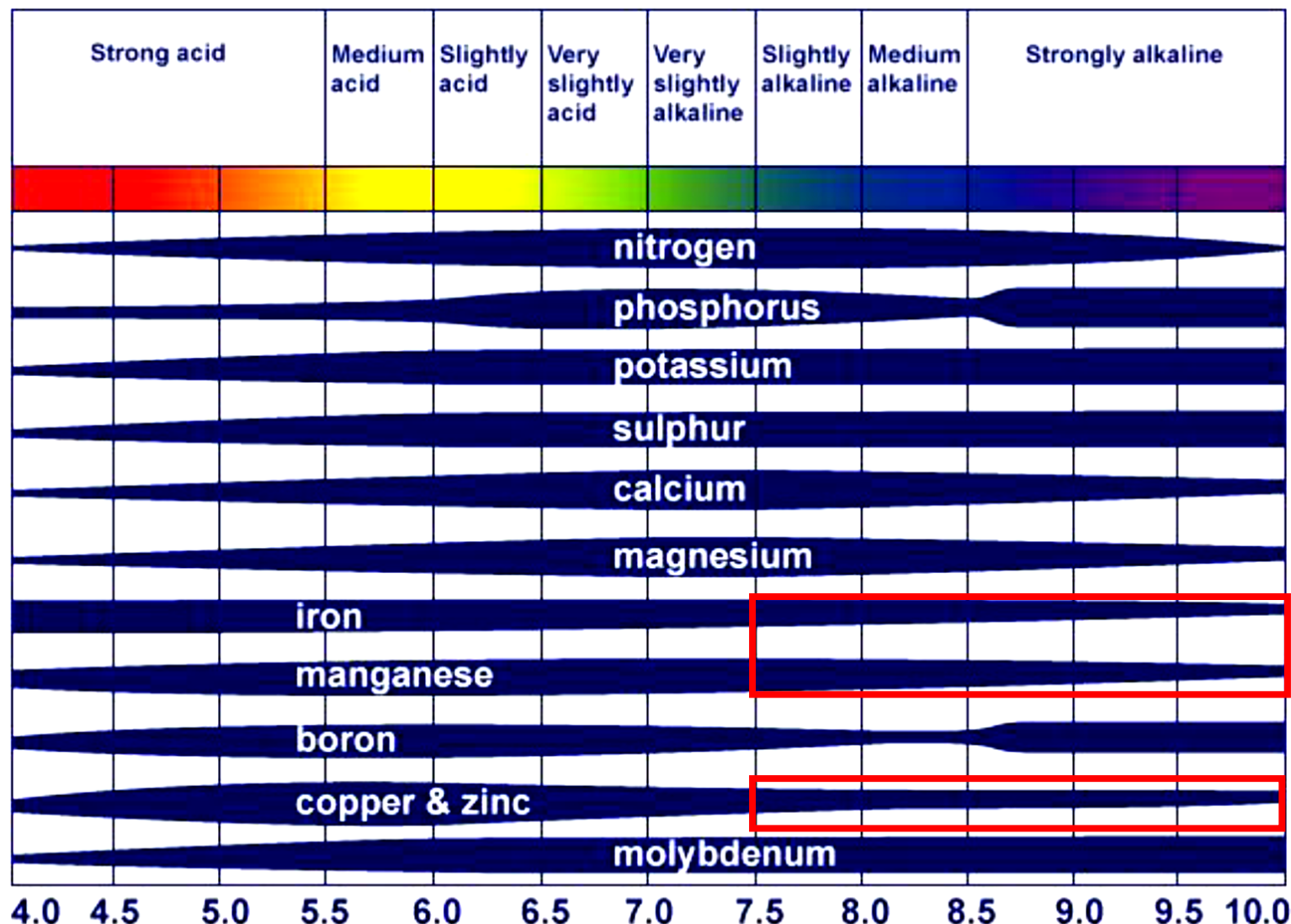


Anionen Sorption

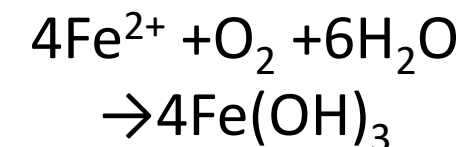
Oberflächenladung, Ionen Ladung & pH



Nährstoff Verfügbarkeit im Boden

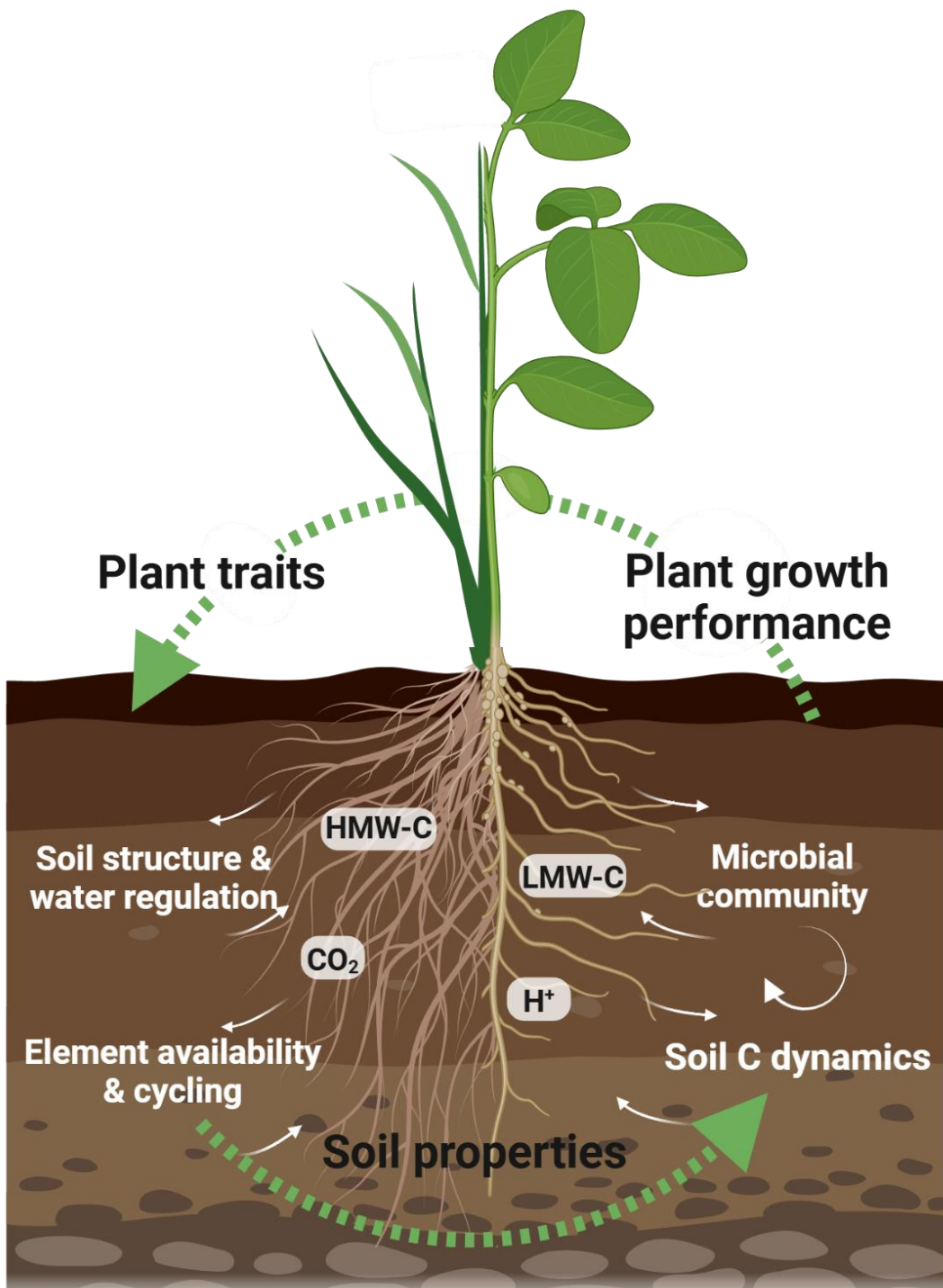


Oxidbildung in aeroben Bedingungen:



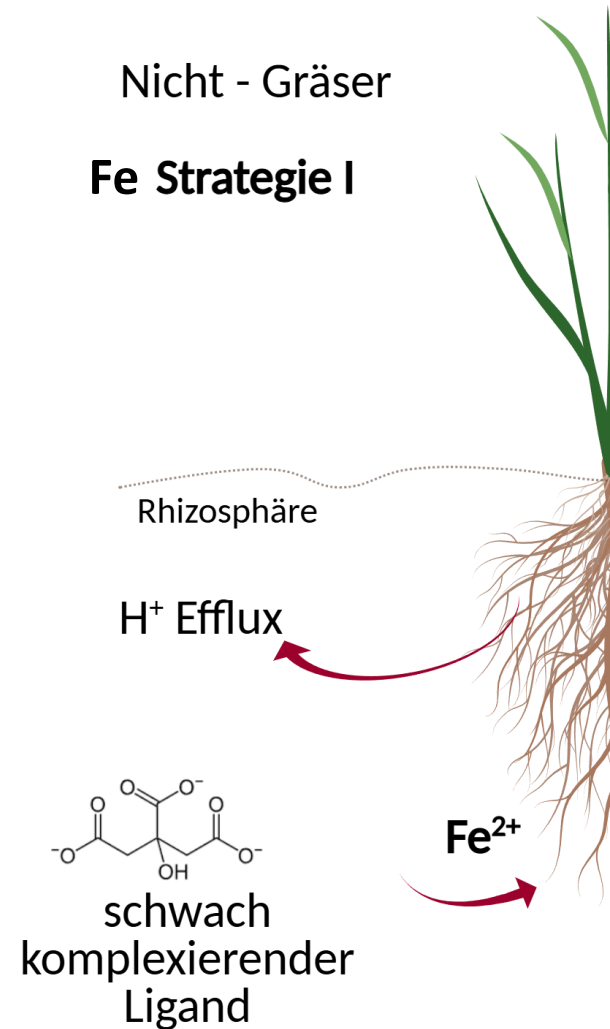
Mikronährstoff Verfügbarkeit & Aufnahme

- Verfügbarkeit im Boden (pH, Ausgangsgestein)
- Nutzpflanzenart & Kultursorte bestimmen:
 - Mikronährstoffbedarf
 - Effizienz des Aufnahmemechanismus
 - Elementspezifische Transporter an der Wurzeloberfläche
 - Häufigkeit
 - Aktivität
 - Mobilisierung der Mikronährstoffe in der Rhizosphäre

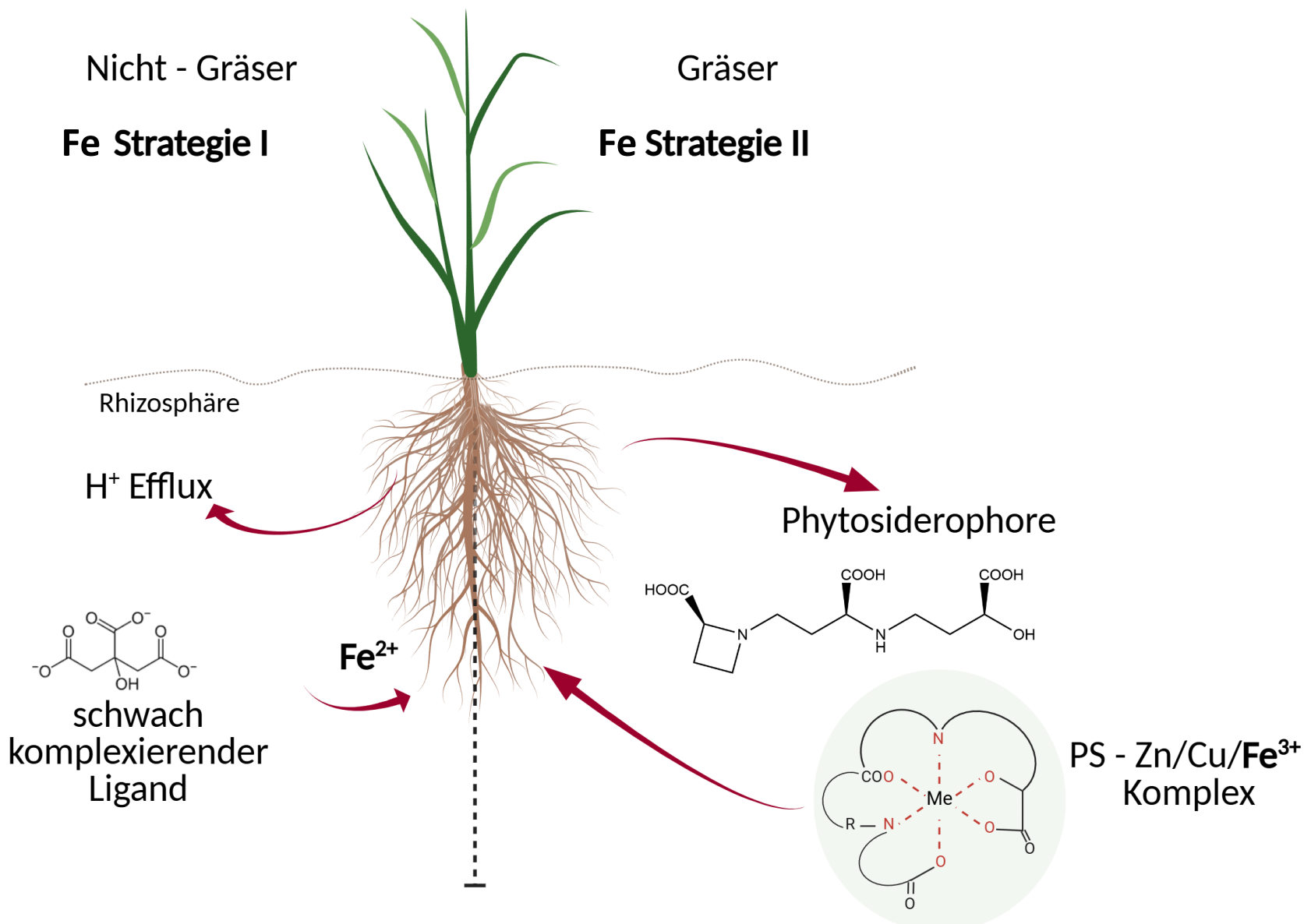


Boden – Pflanze – Mikroorganismen Feedback Loops

Mikronährstoff – Mobilisierung & Aufnahme



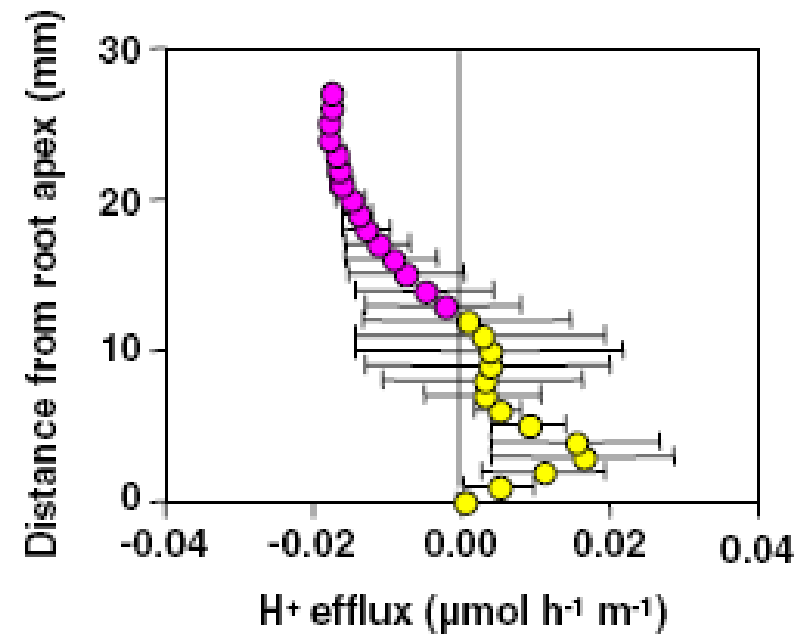
Mikronährstoff – Mobilisierung & Aufnahme



Micronährstoffmobilisierung durch Versauerung

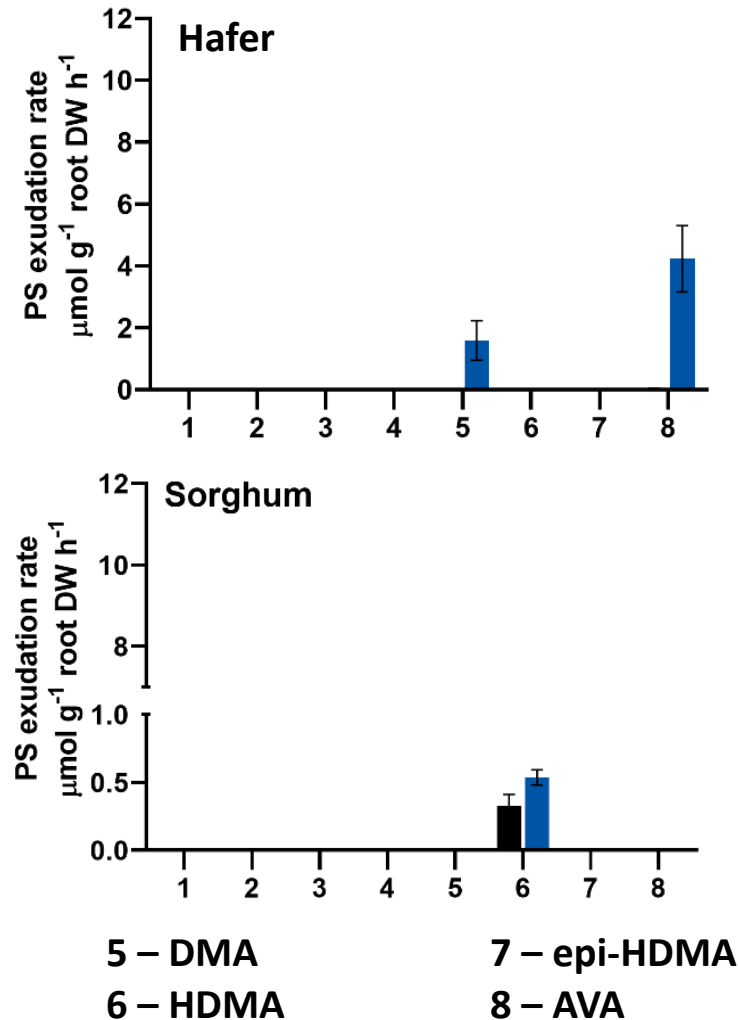
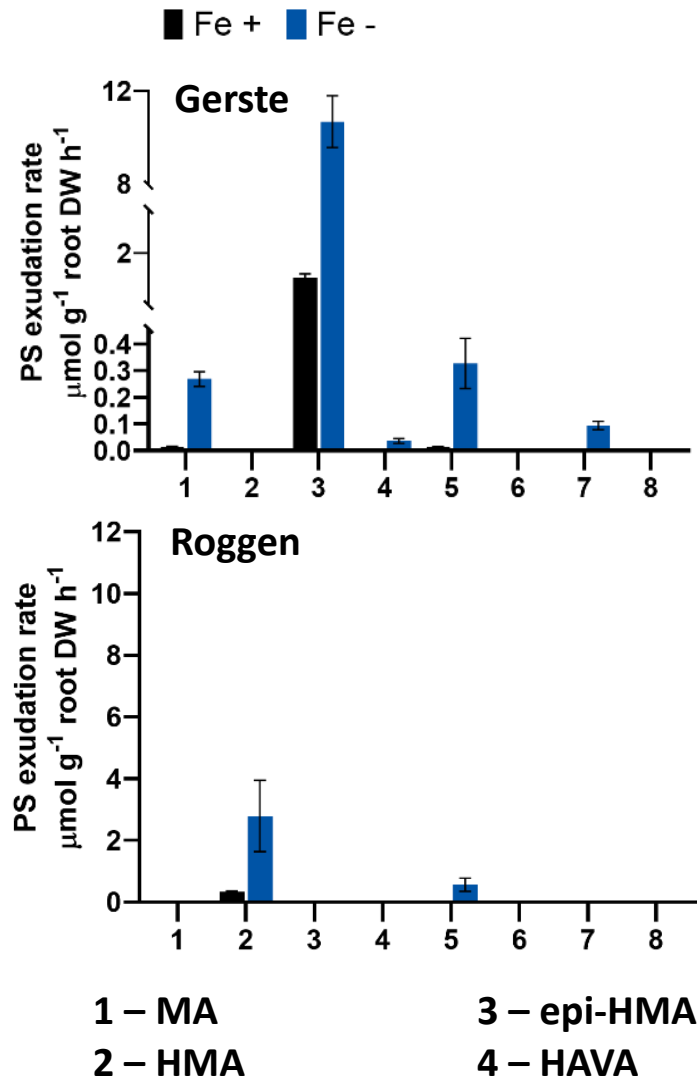


H⁺ Efflux/ Versauerung (gelb) in Tabakwurzeln
(*Nicotiana tabacum* L.) unter Fe Mangel
Strategie I



Hinsinger et al. (2009), Plant and soil 321 <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9885-9>

Mikronährstoffmobilisierung durch **Phytosiderophore (PS)**



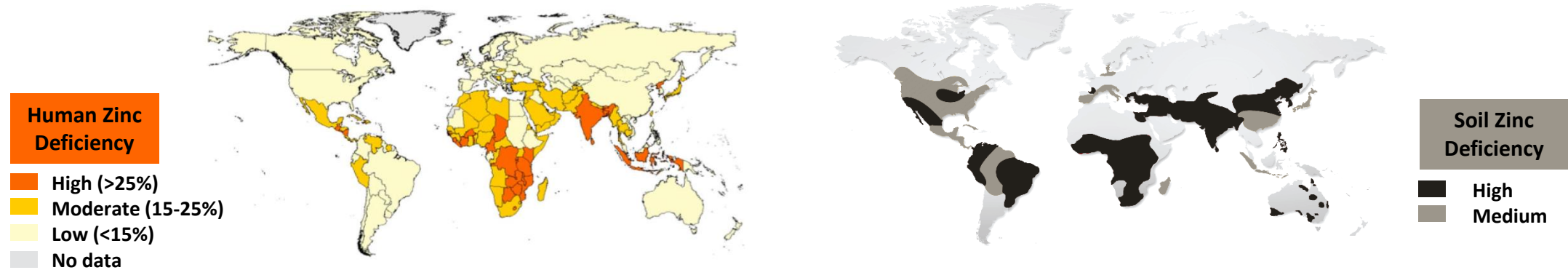
8 verschiedene PS Substanzen
(DMA, MA, epi-HMA, etc.)

Menge & PS abhängig von der
Getreideart

Spiridon et al., 2023, Anal. Chimica Acta

Mikronährstoffaufnahme durch **Phytosiderophore (PS)**

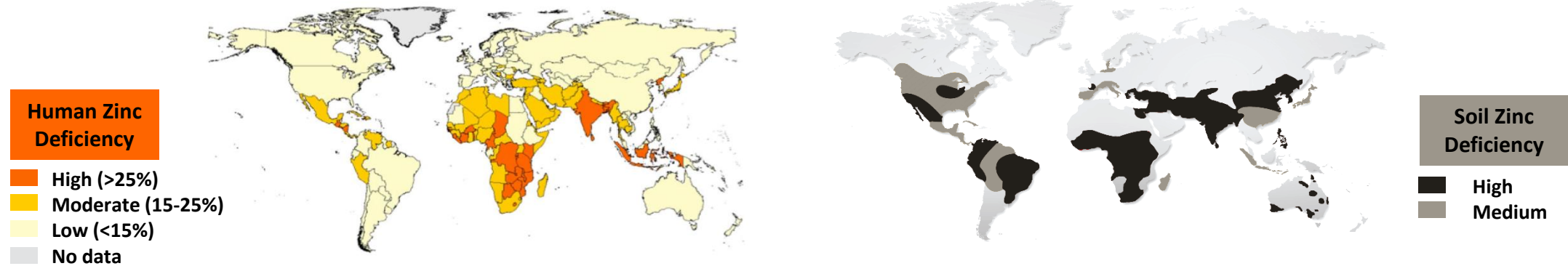
‘The hidden hunger’ – Mikronährstoffmangel in Menschen und Böden: geografische Überschneidung



Cakmak 2011, modified

Mikronährstoffaufnahme durch **Phytosiderophore (PS)**

‘The hidden hunger’ – Mikronährstoffmangel in Menschen und Böden: geografische Überschneidung



Cakmak 2011, modified

Wanted: micronutrients

Phytosiderophores als relevante Eigenschaft in Getreide für ausreichende Nahrungsmittelmenge und –qualität?



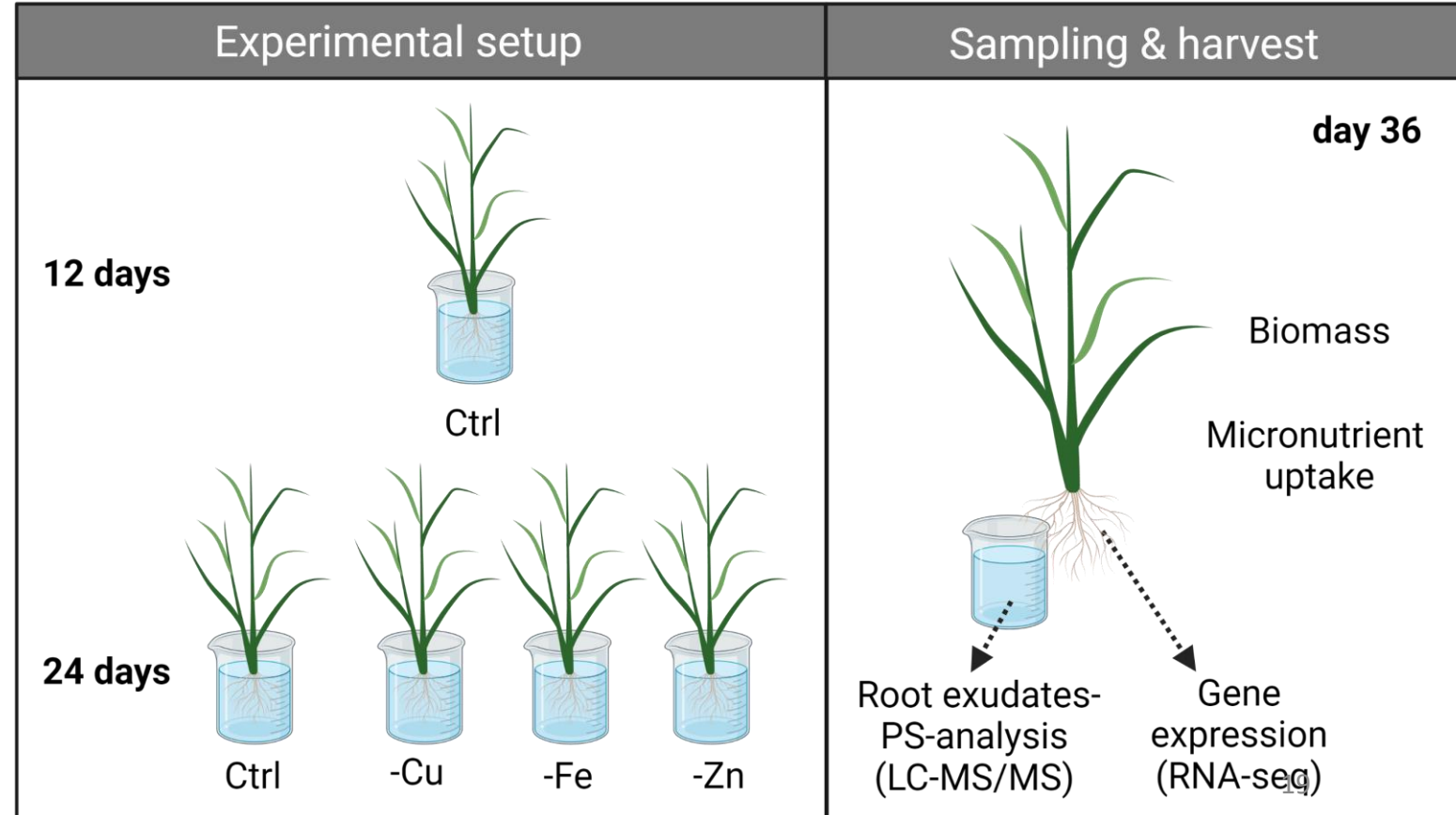
Mikronährstoffaufnahme durch **Phytosiderophore** Fe, Zn, Cu



2 Gerstesorten:

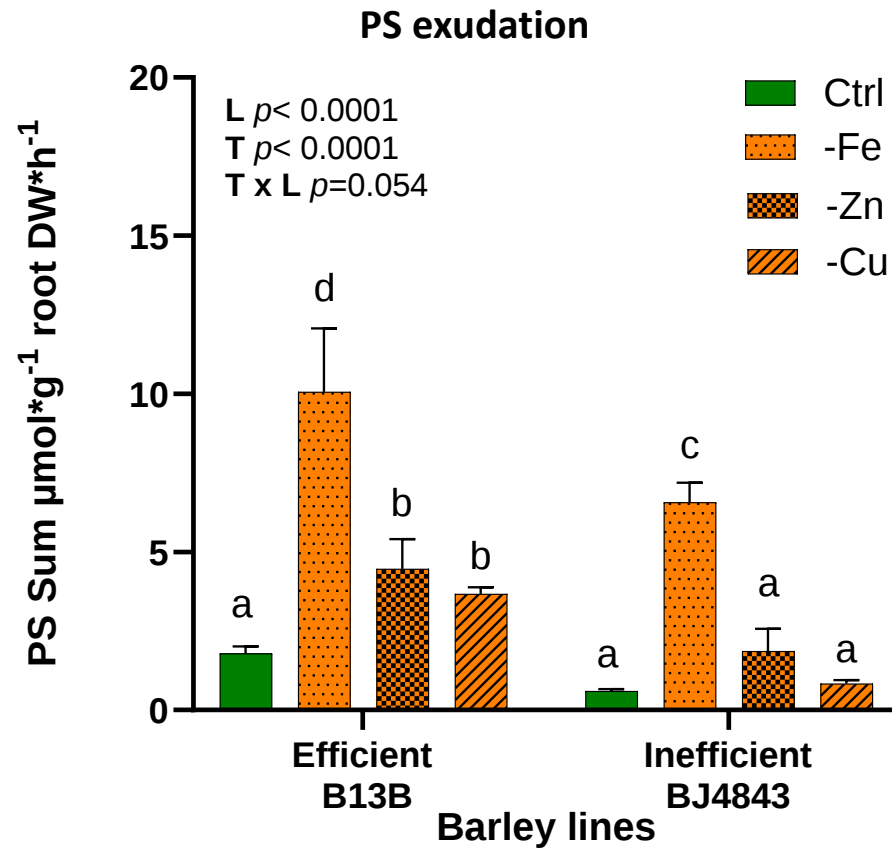
B13 Balashere efficient

Bere JIC 4843 inefficient



Mikron Nährstoffaufnahme durch Phytosiderophore Fe, Zn, Cu

PS exudation & plant gene expression in hydroponics



Fe > Zn ≥ Cu



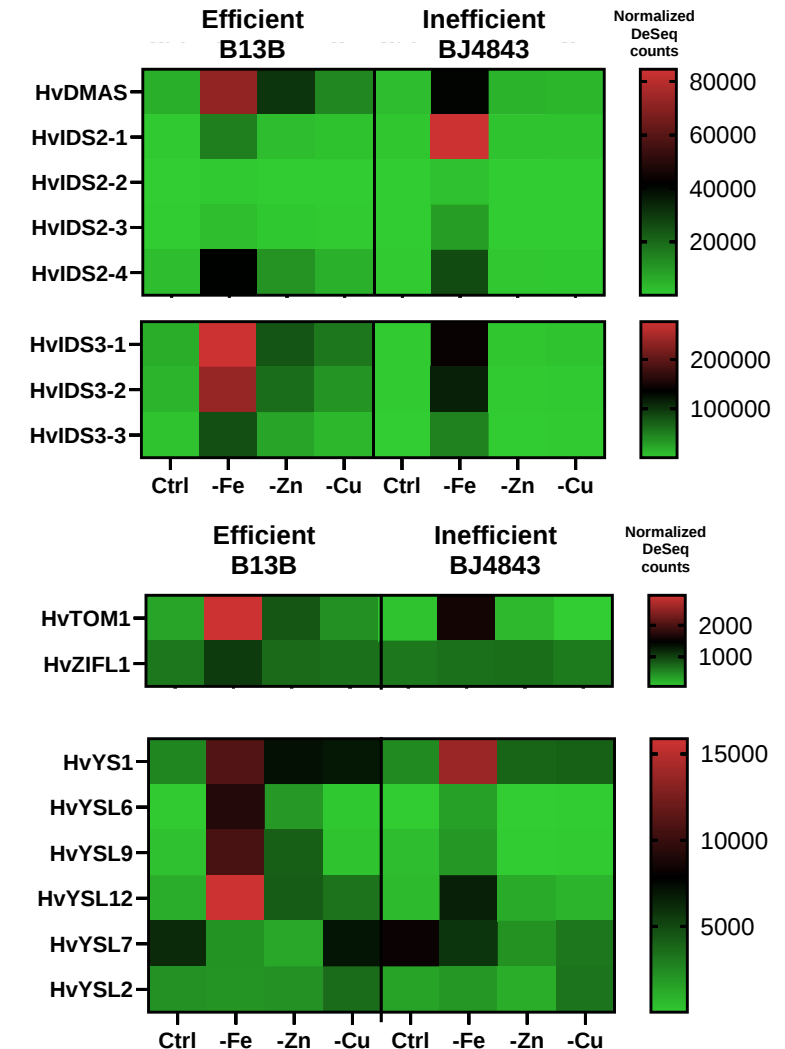
Aleksza, et al., 2024, Plant Science

PS biosynthesis

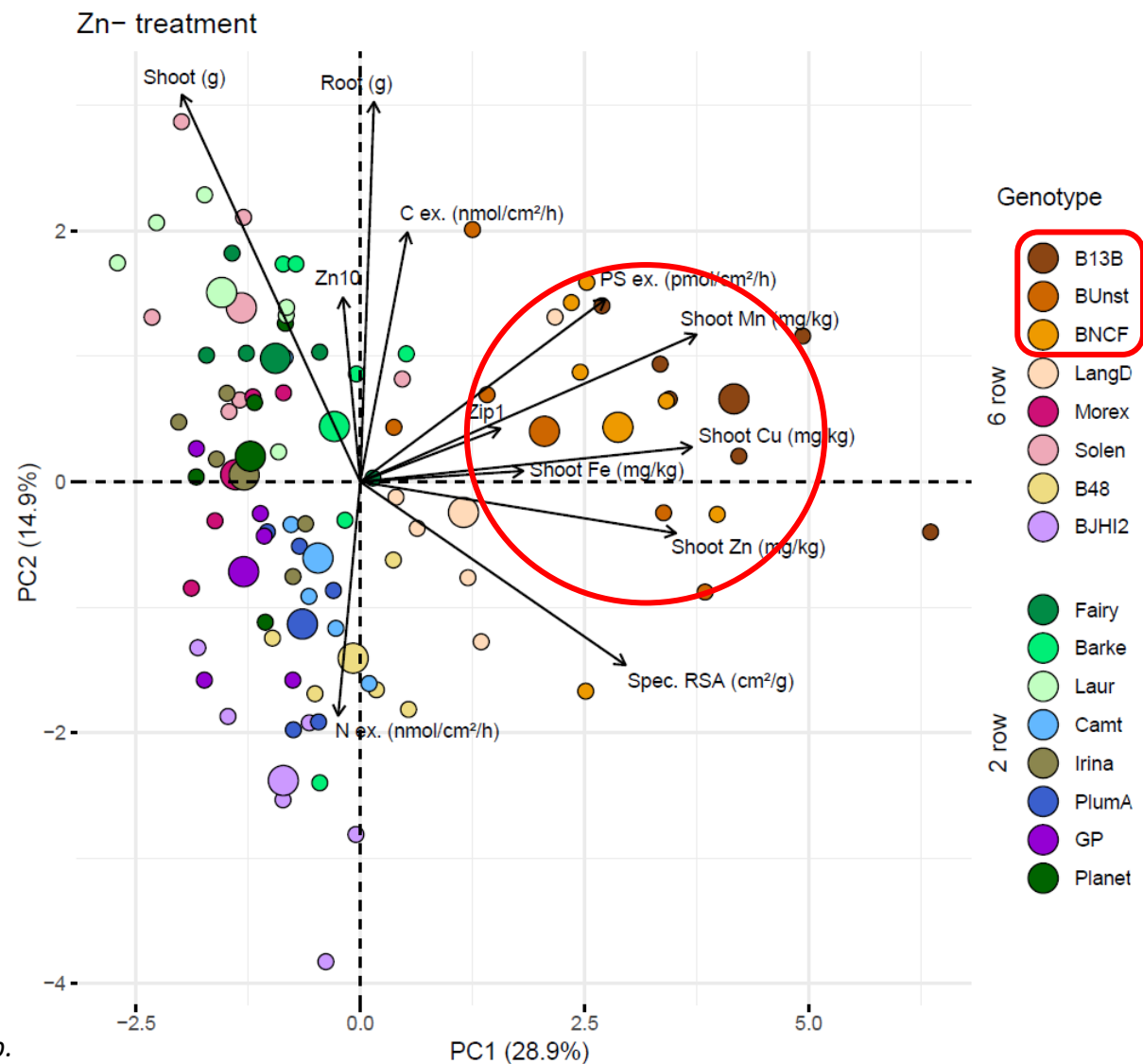
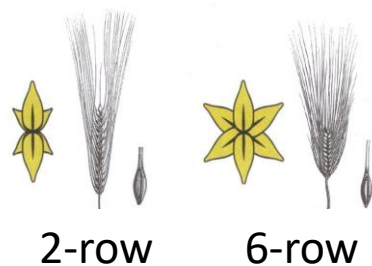
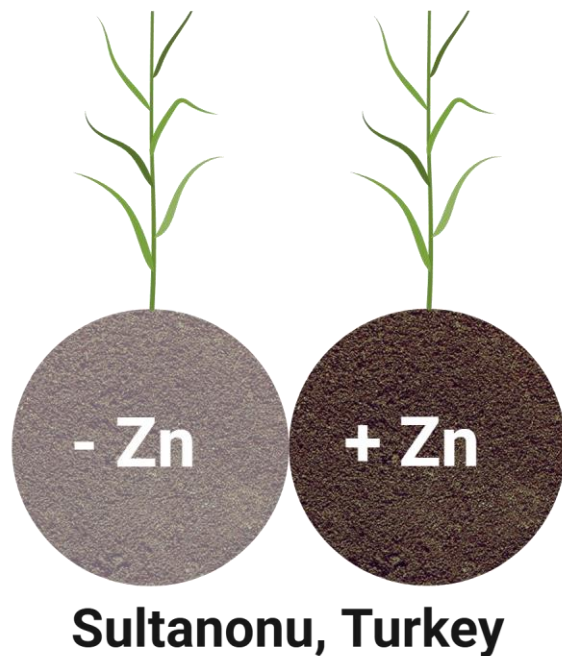
PS release

PS re-uptake & internal transport

Root gene expression



Mikronährstoffaufnahme durch **Phytosiderophore** - Zn



Zusammenfassung

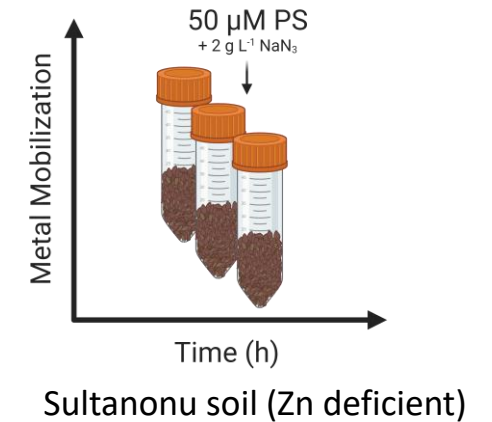
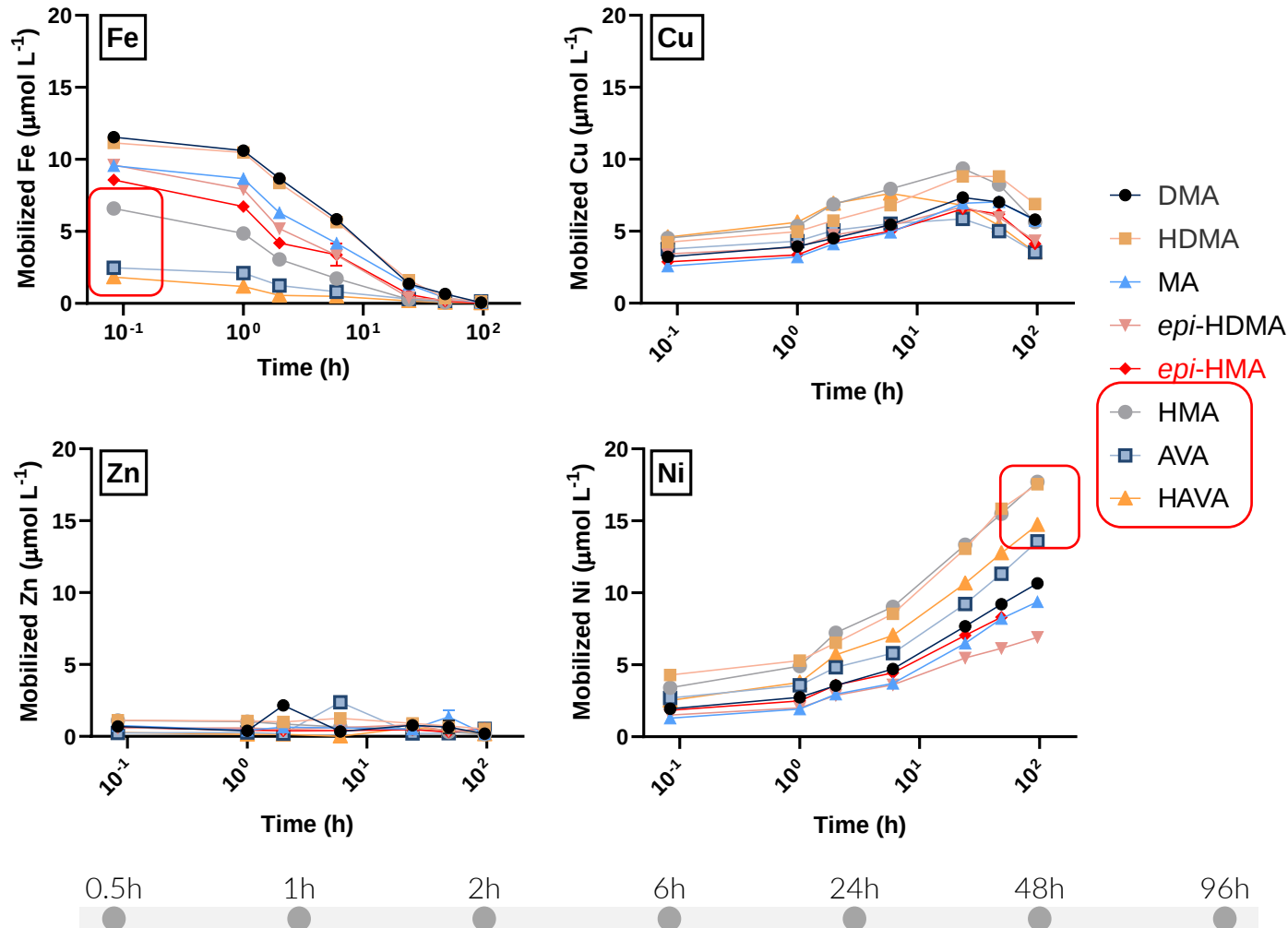
- Mineralogische Zusammensetzung und pH bestimmen Mikronährstoff-Verfügbarkeit im Boden
- Nutzpflanzen haben unterschiedlichen Mikronährstoffbedarf
- Ertrag & Mikronährstoffgehalt sind wichtig!
- Züchtung und Sortenauswahl kann helfen Mikronährstoffgehalte in Ernteprodukten zu erhöhen

[Merci BOKU]



Micronutrient acquisition by **phytosiderophores (PS)**

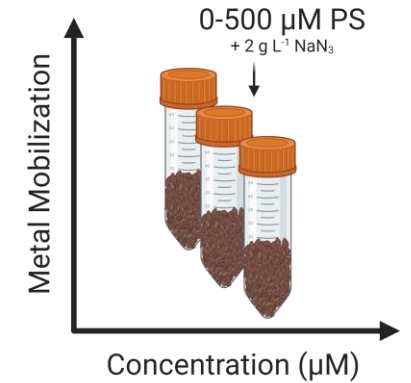
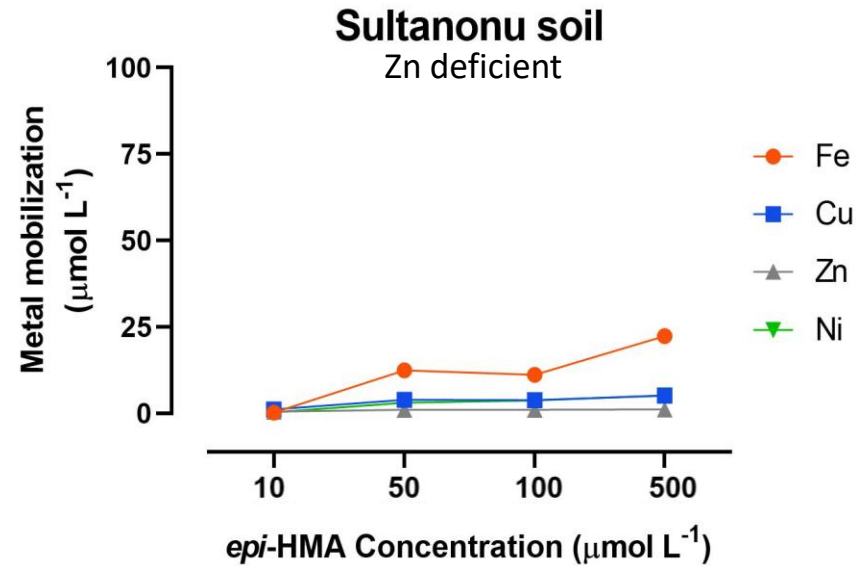
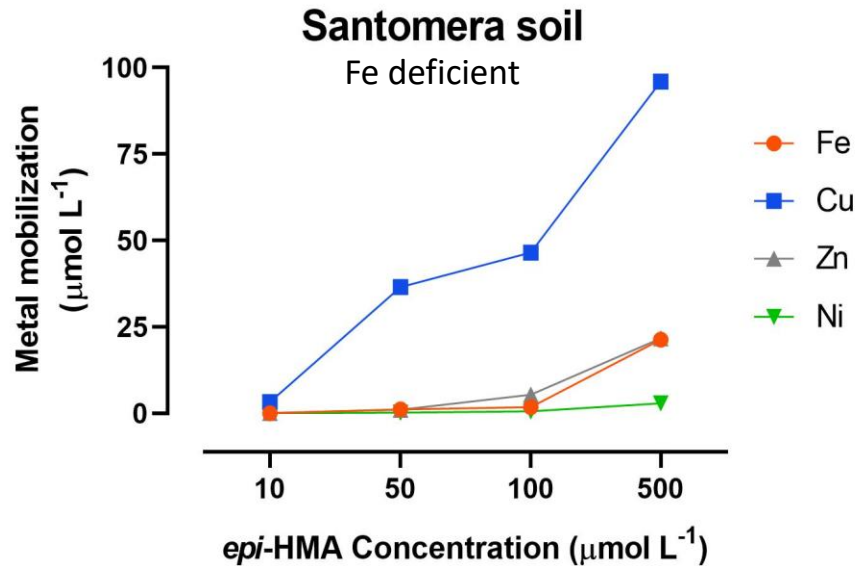
Do PS differ in their micronutrient mobilization efficiency?



- Metal mobilization efficiency differs depending on PS (Fe, Ni)
- Ni outcompetes Fe with time
- Low Zn mobilization

Micronutrient acquisition by **phytosiderophores (PS)**

Do PS differ in their micronutrient mobilization efficiency?



Metal mobilization depends on concentration and labile metal pool

DTPA extractable (mg kg^{-1})			
Fe	Zn	Cu	Ni
2.57	1.78	4.64	0.39

DTPA extractable (mg kg^{-1})			
Fe	Zn	Cu	Ni
3.66	0.41	0.72	1.01