



# *intrachem* *bio* deutschland



intrachem bio deutschland – Your partner for eco-friendly products in Germany and Austria

# Silizium ist mehr als „nur“ ein pflanzenstärkungs Wirkstoff!

- Silizium kommt im Boden als Monosiliziumsäure  $\text{Si}(\text{OH})_4$  vor
- Wasserlöslichkeit beträgt 56 mg Si je Liter
- durchschnittlichen Konzentrationen in der Bodenlösungen liegen zwischen 14 und 20 mg Si je Liter
- Silikatische Gesteinsmehle enthalten in der Regel nur einen geringen Anteil an löslicher Kieselsäure; ca. 0.1 bis 1 %.
- Silizium wird in fast allen Pflanzen eingelagert
  
- Die dabei entstehen Verbindungen werden als **Phytolithe** bezeichnet
- **Phytolithe** dienen der **Stabilität**, aber auch der **Abwehr von Schaderregern, Trockenstress** und **Schwermetalltoleranz**
- Silizium spielt daher auch eine aktive Rolle bei der Abwehr von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen
- Einige Pflanzen ersetzen einen Teil ihres Kohlenstoffs durch Silizium

die erhöhte Resistenz von z.B. Getreidepflanzen gegenüber Pilzkrankheiten nach Anwendung siliziumreicher Dünger auf einer Hemmung der Penetration des Erregers beruht.

## Zwei unterschiedliche Wirkungsmechanismen als Erklärung für die Befalls mindernde Wirkung von Si beschrieben.

- als Kieselsäure aufgenommenen Siliziums lagert sich an Orten erhöhter Transpiration wie beispielsweise den Blättern ab
- bilden in und unterhalb der Epidermiszellwand zusammenhängende Schichten
- durch Silizium Inkrustationen erlangen die Blätter eine besondere Festigkeit, welche das Eindringen von Pathogenen behindern
- Neben dieser unabhängig von einer Pilz-Infektion ausgebildeten Si-Ablagerung kann die befallsreduzierende Wirkung auch durch eine verstärkte postinfektionelle Silikatablagerung in der Umgebung von Penetrationsstellen eines Pathogens erklärt werden
- Wenn die Pflanze ständig über ein hohes Level an noch nicht in den Zellwänden abgelagertem und polymerisiertem Si verfügt, kann an den Penetrationsstellen pathogener Pilze verstärkt Si akkumuliert werden, um so eine Infektion zu unterbinden
- Untersuchungen mit Weizenmehltau konnten zudem auch zeigen, dass die kurzfristig erfolgte Akkumulation in der Umgebung der Pilzappressorien gleichzeitig mit einer **starken Mn-Anreicherung** einherging
- bereits WILLIAMS und VLAMIS (1957) beschreiben den positiven Einfluss von **Si auf die Mobilität von Mn** innerhalb der Pflanze.

- Mögliche Wirkungsmechanismen bei der Unterdrückung von Pilzkrankheiten durch **Mn** stehen unter anderem im Zusammenhang mit einer **direkt** fungiziden Wirkung von  $Mn^{2+}$ , welche durch die Akkumulation von Mn an den Infektionsstellen verstärkt werden kann
- Auch **indirekt** wird **Mn** durch seine wichtige Rolle bei der pflanzeigenen Synthese von phenolischen Komponenten und Lignin wirksam
- Phenolische Substanzen wirken als Phytoalexine direkt fungitoxisch und können darüber hinaus als Signalsubstanzen systemisch induzierte Resistenzreaktionen vermitteln
- Eine gesteigerte Ligninsynthese der Pflanzen bei höherer Mn-Versorgung verbunden mit der Ausbildung mechanischer Barrieren infolge verstärkter Lignineinlagerung in die Zellwände, hindert pathogene Pilze am weiteren Eindringen in das Pflanzengewebe und führt als **induzierte Abwehrreaktion** zu einer Isolierung der befallenen Stellen
- Es entstehen lokale Zellwandverdickungen unterhalb der Penetrationsstellen (Papillen), welche neben **Lignin** das gegen pilzliche Hydrolasen resistente Polysaccharid **Kallose** und **hydroxyprolinreiches Glycoprotein** enthalten
- Erfolgreich ausgebildete Papillen sind sehr effektive mechanische Barrieren, die durch eindringende Pilze kaum überwunden werden können
- Sowohl **Si** als auch **Mn** können fungistatische Phenolkomplexe bilden
- erhöhtem Angebot von Si die Toleranz der Gurke gegenüber hohen Mn Konzentrationen verbessert und so das Auftreten von Symptomen der Mn-Toxizität verhindert werden kann
- weshalb das volle Wirkungspotential von Mn wahrscheinlich nur bei ausreichender Si-Versorgung ausgeschöpft werden kann
- Dieser Aspekt verdeutlicht, dass bei der angestrebten Suche nach Alternativen zu synthetischen und schwefel- bzw. kupferhaltigen Fungiziden eine gleichzeitig optimierte **Si- und Mn-Versorgung** einen vielversprechenden Ansatz darstellt um sowohl die Siliziuminkrustierung und Lignineinlagerung in den Epidermiszellwänden unterstützen als auch den **Silizium-Pool** und das **Manganlevel** im pflanzlichen Gewebe erhöhen, was für die lokalen Si- und Mn-Akkumulationen an den Infektionsstellen wichtig ist
- Voraussetzung ist es aber, unter anderem ein stetig hohes Level an mobilem Si im Spross sicher zu stellen, da Silizium aus bereits in den Zellwänden eingelagerten Siliziumpolymeren nicht wieder mobilisiert werden kann (SAMUELS et al., 1991)
- Ähnliches gilt auch im Bezug auf Mangan das mit dem Xylemsaft als  $Mn^{2+}$ -Ion von den Wurzeln über den Transpirationsstrom in den Spross gelangt und in der Pflanze als weitgehend immobil gilt

## Silizium kann im Boden gebundenen Phosphor für Pflanzen verfügbar machen.

### An Eisen gebundener Phosphor soll durch eine gezielte Siliziumdüngung mobilisiert werden.

- So könnten landwirtschaftliche Erträge weltweit gesichert und der Einsatz phosphorhaltiger Dünger stark reduziert, möglicherweise sogar über Jahre hinaus überflüssig, werden. Das haben Forscher der Universitäten Bayreuth und Kopenhagen durch Untersuchungen von Böden in der Arktis herausgefunden.
- Phosphor ist in Ackerböden oft reichlich vorhanden, aber zum größten Teil chemisch fest gebunden, insbesondere an Eisen. Dieser Phosphor ist immobil und für die Pflanzen nicht verfügbar
- Wenn Landwirte ihren Böden genau dosierte Mengen Silizium zuführten, könnten sie ohne Ernteverluste für gewisse Zeit, gegebenenfalls sogar über mehrere Jahre, auf phosphorhaltige Dünger verzichten, so die Annahme des interdisziplinären Forscherteams um Dr. Jörg Schaller (Bayreuth) und Prof. Dr. Bo Elberling (Kopenhagen)
- Damit sei zudem ein bedeutender Beitrag zum Umweltschutz verbunden, so der Bayreuther Umweltgeochemiker. Die verringerte Phosphordüngung und die präzise Steuerung der Phosphorverfügbarkeit durch Silizium könnten dazu führen, dass möglicherweise weniger Phosphor von den Feldern in die Gewässer gelangt
- Die Anreicherung der Böden mit Silizium habe einen weiteren ökologischen Vorteil: Sie bewirke, dass mehr Silizium von den Böden ins Meer transportiert werde. Infolgedessen könne in den Meeren mehr Kohlenstoff durch Kieselalgen gebunden werden, statt als Treibhausgas in der Atmosphäre zu verbleiben
- Damit sei zudem ein bedeutender Beitrag zum Umweltschutz verbunden, so der Bayreuther Umweltgeochemiker. Die verringerte Phosphordüngung und die präzise Steuerung der Phosphorverfügbarkeit durch Silizium könnten dazu führen, dass möglicherweise weniger Phosphor von den Feldern in die Gewässer gelangt
- Die Anreicherung der Böden mit Silizium habe einen weiteren ökologischen Vorteil: Sie bewirke, dass mehr Silizium von den Böden ins Meer transportiert werde. Infolgedessen könne in den Meeren mehr Kohlenstoff durch Kieselalgen gebunden werden, statt als Treibhausgas in der Atmosphäre zu verbleiben

## Silizium ist mehr als „nur“ ein pflanzenstärkungs Wirkstoff!

- Effekt auf die Mobilität von Mn
- Verhindert einen Mn Tox
- Induziert eine pflanzeneigene Abwehr
- Fördert die Einlagerung von stabilen Schichten unterhalb der Epidermis
- Eine bereits gesetzte Infektion kann ausgebremst werden
- Unterstützt im Boden die Verfügbarkeit von z.B. an Eisen gebundenen Phosphor