WISSENS SPEICHER *Digital*

Alles rund um

STRESS DURCH HITZE UND SONNE

Mehr Infos zum WISSENS SPEICHER und rund um die Pflanzenernährung unter www.kali-akademie.de

Stress durch Hitze und Sonne

Warum sind Pflanzen bei Trockenheit oft von weiteren Stressfaktoren betroffen?

Im Zuge des Klimawandels treten zunehmend längere Trockenperioden auf. Sind unsere Kulturpflanzen diesem Trockenstress ausgesetzt, führt das zu einer deutlichen Ertragsreduktion. Neuere Studien zeigen, dass auch die oftmals mit Trockenperioden einhergehende Hitze zu Ertragsdepressionen in ähnlicher Größenordnung führen kann. Die Pflanzen leiden also neben Trockenstress auch unter Hitzestress. Außerdem wirkt sich eine zu starke Sonneneinstrahlung negativ auf die Pflanzen aus.

Die meisten in Westeuropa angebauten Ackerbaukulturen haben ihr Temperaturoptimum im Bereich von 15 bis 25° C. In diesem Temperaturbereich ist eine hohe Photosyntheserate und damit ein starkes Wachstum sowie eine optimale Ertragsbildung möglich. Oberhalb von 30° C kommt es hingegen zu einer beginnenden Degeneration des Blattgewebes. Dazu trägt zum einen die hohe Temperatur bei, zum anderen schädigt auch die Sonneneinstrahlung die Blätter. Bei höheren Temperaturen und übermäßiger Sonneneinstrahlung kann Stress in manchen Fällen mit bloßem Auge beobachtet werden. Zum Beispiel falten sich die Blätter zusammen, um übermäßige direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden.

Mehr zum Thema Stressfaktoren finden Sie in den bereits erschienenen WISSENS SPEICHER Beiträgen „Stress" und „Trockenstress"

Stress durch Hitze und Sonne

In welcher Weise zeigt sich Hitzestress?

Hitzestress sowie Schäden durch hohe Sonneneinstrahlung können sich im Bestand entweder als physikalische Verbrennung oder als Stoffwechselstörung zeigen. Grundsätzlich treffen diese Kalamitäten gut ernährte und vitale Pflanzen weniger stark als Pflanzen mit unzureichender Nährstoffversorgung.

Analog zum Trockenstress kommt es bei beginnender Hitzeeinwirkung zu Welkeerscheinungen mit eingerollten oder deformierten Blattorganen sowie früh beginnender Blattseneszenz. Dies hat Auswirkungen auf das weitere Wachstum und den Ertrag. Extreme Sonneneinstrahlung führt zum Beispiel bei Getreide während der Blüte zu einer reduzierten Kornzahl je Ähre. Bei übermäßiger Sonneneinstrahlung in späteren Entwicklungsstadien wird das Hektolitergewicht des Korns dezimiert.

Die landwirtschaftlichen Kulturen reagieren unterschiedlich auf die starke Hitzeeinwirkung und Sonneneinstrahlung an heißen Sommertagen. So vertragen Kartoffeln die Hitze weniger gut als Getreide. Mais hingegen hat die Fähigkeit, diese Witterungsextreme bis zu einem gewissen Grad zu kompensieren.

BLATTSENESZENZ:

Blattseneszenz ist der Alterungsprozess der Blätter.

Hitzestress bei Kartoffeln. Foto: Reinhard Elfrich

Was schützt die Pflanzen vor den Auswirkungen dieser Stressfaktoren?

Die Sortenwahl sowie eine ausgewogene Pflanzenernährung sind ein wirksamer Schutz vor Schäden durch Hitze und hohe Sonneneinstrahlung. Insbesondere Magnesium und Kalium schützen die Pflanzen.

Der Makronährstoff Stickstoff hingegen steigert zwar das Wachstum, doch im Überschuss stellt sich ein labiles und auch für die genannten Stresssymptome anfälliges Gewebe ein – insbesondere, wenn die Versorgung mit Kalium als stabilisierender Faktor mangelhaft ist und folglich das N/K-Verhältnis in der Pflanzensubstanz zu weit ist. Bei der Wahl der Kaliumform bietet sich daher an, auf Kaliumsulfat statt z. B. auf Kaliumnitrat zu setzen. Sulfatische Kali-Dünger bewirken in besonderem Maße eine Gewebestabilität und damit einhergehend eine aufrechte Blattstellung an Pflanzen, sodass die Blätter weniger stark der extremen Strahlung ausgesetzt sind.

Wie ermöglichen Kalium und Magnesium eine optimale Kühlung der Pflanze?

Für die Toleranz gegen Hitze ist der Wasserhaushalt der Pflanze wichtig. Die gesteuerte Verdunstung (Transpiration) von Wasser durch die Spaltöffnungen (Stomata) an den Blättern der Pflanze ermöglicht eine Abkühlung – ähnlich wie das Schwitzen beim Menschen. Die Regulierung der Stomata wird maßgeblich durch die Konzentration an Kalium bestimmt. Auch die Wasseraufnahme aus dem Boden in die Wurzeln wird nach ausreichender Versorgung mit Kalium verbessert. Denn in diesem Fall ist die Feldkapazität erhöht, das Wurzelwachstum verbessert und es gibt ein optimiertes Potenzialgefälle von Wurzeln zum Boden.

Magnesium nimmt durch seine Funktion beim Wurzelwachstum maßgeblichen Einfluss auf die Menge an Wasser, die für die Transpiration zur Verfügung steht. Ein gutes Wurzelwachstum erfordert viel Energie und organische Verbindungen in Form von Kohlenhydraten. Das bedeutet, dass die Kohlenhydrate nach der Produktion im Photosyntheseprozess im Blatt effizient zu den Wurzeln transportiert werden müssen. Dieses ist von besonderer Bedeutung in der generativen Wachstumsphase, wenn die Verteilung in der Pflanze vom Ort der Produktion – also dem Blatt – zum Ort des Verbrauchs – also der Wurzel und der Frucht (z. B. Getreidekorn, Kartoffelknolle, Rübenkörper) – stattfindet.

FELDKAPAZITÄT:

Die Feldkapazität eines Bodens misst die Menge an Wasser, die ein Boden halten kann – das also nicht versickert. Für den Pflanzenbau ist die nutzbare Feldkapazität relevant – also die Menge an Wasser, die für die Pflanzen verfügbar gespeichert ist. Sehr kleine Bodenporen binden das Wasser so fest, dass es von den Pflanzen nicht aufgenommen werden kann.

POTENZIALGEFÄLLE:

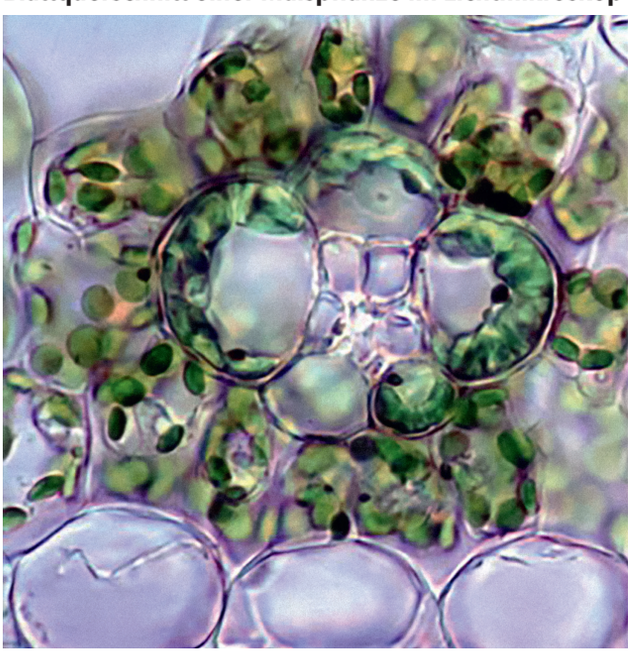
Die Nährstoffe bewegen sich von einem Bereich mit einer höheren Konzentration zum Bereich der niedrigeren Konzentration. In diesem Fall bedeutet es, dass bei hoher Konzentration an Kalium in den Pflanzenwurzeln mehr Bodenwasser in die Pflanze über die Wurzelhaare hinein diffundiert.

Stress durch Hitze und Sonne

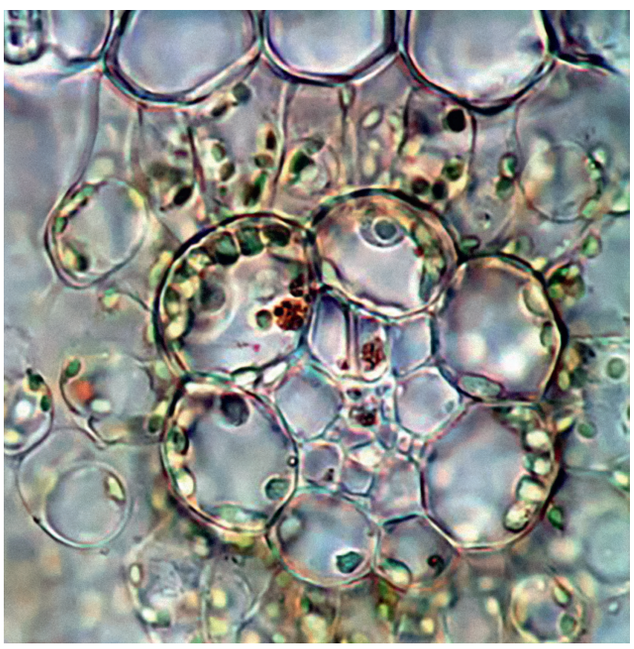
Bei diesen Transportprozessen spielen sowohl Magnesium als auch Kalium eine große Rolle. Gerade unter Magnesiummangel ist die Beladung des Leitgewebes mit Kohlenhydraten eingeschränkt. Die Kohlenhydrate in Form von Saccharose reichern sich in den Blättern an, während die Kohlenhydratkonzentrationen in den für die Umverteilung benötigten Leitbahnen (Phloem) und nachfolgend auch in Frucht und Wurzel abnehmen (siehe Abbildung).

Zusätzlich minimiert Magnesium die insbesondere bei hoher Sonneneinstrahlung drohende Entstehung von blattschädigenden Sauerstoffradikalen während der Photosynthese.

Blattquerschnitt einer Maispflanze im Lichtmikroskop



Bei ausreichender Magnesiumversorgung ist das Phloem intakt und kann Kohlenhydrate als Produkt der Photosyntese innerhalb der Pflanze transportieren.



Phloemkollabierung durch unzureichende Magnesiumversorgung. Der Transport ist gestört.

Fotos: Prof. Pissarek, Hochschule Osnabrück

Wie minimiert Magnesium die Entstehung von blattschädigenden Sauerstoffradikalen?

Sowohl hohe Temperaturen als auch eine starke Lichteinstrahlung fördern grundsätzlich die Photosynthese und damit das Wachstum der Pflanzen. Doch nur mit einer ausreichenden Menge an Magnesium ist eine effiziente Umwandlung von Lichtenergie in Biomasse während der Photosynthese möglich.

Magnesium ist das Zentralatom des Chlorophylls, des grünen Blattfarbstoffs. Das Chlorophyll sammelt die eintreffende Strahlung und wandelt sie in für die Pflanze nutzbare Energie um.

Magnesium fördert im Stoffwechsel zudem spezifisch die Aktivierung eines besonderen Enzyms, der Ribulose-1,5-biphosphat Carboxylase/-Oxygenase (Rubisco). Rubisco baut in der Photosynthese aus dem anorganischen Kohlendioxid der Luft organischen Kohlenstoff auf.

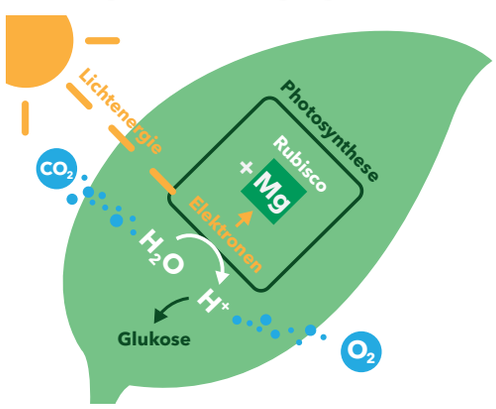
Die Photosyntheserate bleibt unter hoher Lichteinwirkung auf einem optimalen Niveau, solange die Magnesiumkonzentration in der Pflanze im optimalen Bereich liegt. Fehlt Magnesium, entsteht eine Kettenreaktion, an deren Ende die Blätter geschädigt werden:

- CO_2 aus der Luft wird wie gewohnt in Kohlenstoff und Sauerstoff gespalten.
- Das Enzym Rubisco kann ohne Magnesium nicht effizient arbeiten und die einstrahlende Lichtenergie wird daher nicht effizient verwertet.
- Diese überschüssige Sonnenenergie führt zur Ansammlung von Elektronen im gestörten Photosynthese-Ablauf.
- Da Rubisco ohne Magnesium nicht effizient genug das CO_2 aus der Atmosphäre fixieren kann, reagieren die angesammelten Elektronen mit dem Sauerstoff aus dem CO_2 und es werden Sauerstoff-Radikale frei (z. B. O_2-Atome, Wasserstoffperoxid).

NEKROSE:

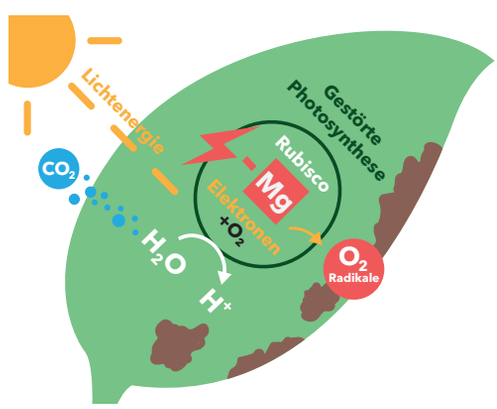
Bei einer Nekrose sterben Zellen endgültig ab. Auf den Blättern entstehen dunkelbraune Flecken, zum Beispiel durch Nährstoffmangel, Krankheiten oder toxische Stoffe.

Gute Magnesiumversorgung



Die Elektronen der Lichtenergie werden in der Photosynthese effizient zur Bildung von Glukose und Sauerstoff (O_2) genutzt.

Magnesium-Mangel



Überschüssige Elektronen reagieren mit dem Sauerstoff aus dem CO_2 zu zellschädigenden O_2-Radikalen.

Die Sauerstoff-Radikale sind toxische Stoffe. Sie schädigen die Blattzellen und führen letztlich zur Bildung von Nekrosen und unspezifischen Blattflecken. Damit wird die Photosyntheseleistung weiter verringert und dadurch das weitere Wachstum sowie die Ertragsbildung beeinträchtigt. Magnesium hat also aufgrund seiner zentralen Rolle in der Photosynthese auch eine besonders wichtige Funktion beim Schutz vor Stress durch hohe Sonneneinstrahlung. Ist ausreichend Magnesium in den Blättern vorhanden, läuft die Photosynthese auch bei hoher Sonneneinstrahlung weiter optimal ab.

Stress durch Hitze und Sonne

Wie wirkt sich die Rolle von Magnesium in der Praxis aus?

Durch höhere Temperaturen wird das Wachstum der Pflanzen grundsätzlich gefördert, wodurch auch der Magnesiumbedarf steigt und schnell eine Mangelsituation eintreten kann.

Mais entfaltet als C4-Pflanze unter der Prämisse ausreichender Magnesiumversorgung auch bei Temperaturen von 35° C noch ein intensives Blattwachstum mit hohen Syntheseraten an Biomasse. Ein Magnesiummangel bei gleichzeitiger Hitze und hoher Sonneneinstrahlung führt jedoch zu streifenförmigen Mangelsymptomen (Aufhellungen zwischen den Blattadern). Zugleich entstehen die beschriebenen Zellzerstörungen durch Sauerstoff-Radikale in Form von rötlichen Nekrosen und den damit einhergehenden Schäden am Blatt.

C4-PFLANZE :

C4-Pflanzen (Mais und Hirse) binden Kohlenstoffdioxid besser als C3-Pflanzen (Getreide und Zuckerrübe). Sie sind besonders gut an hohe Lichteinstrahlung und hohe Temperaturen adaptiert.

Magnesium schützt vor Hitzestress

Eine bedarfsgerecht mit Magnesium versorgte Maispflanze hält auch bei 35°C ihre Blattfunktionen aufrecht.

Bei Magnesiummangel ist die Photosynthese gestört und die Blätter werden durch toxische Sauerstoffverbindungen geschädigt.

Fotos: Mengutay et al., 2013

Verschiedene Arten von Feldgemüse, wie zum Beispiel die Bohne, reagieren besonders empfindlich auf hohe Strahlungsintensitäten. Auch hier macht Magnesiummangel lichtempfindlich, wie die Abbildung zeigt. Nach starker, übermäßiger Sonnenstrahlungsexposition sind deutliche und irreversible Schäden am Blattapparat entstanden, da nicht genug Magnesium vorlag.

Pflanzen mit Magnesiummangel sind bei extremer Sonneneinstrahlung sehr empfindlich, wie anhand der Symptome der Bohnenpflanze auf der linken Seite zu sehen ist. Foto: Cakmak und Kirkby, 2008

Wie kann die Düngung vor Hitze- und Sonnenschäden schützen?

Um den aufgezeigten Auswirkungen von Stressfaktoren auf das Pflanzenwachstum vorzubeugen, ist eine bedarfsgerechte Versorgung mit Kalium und Magnesium erforderlich. Magnesium sollte in Form von Magnesiumsulfat gedüngt werden. In dieser Nährstoffform ist Magnesium mit Schwefel gebunden und weist eine hohe Löslichkeit auf, ist also sehr schnell und zu 100 Prozent pflanzenverfügbar. Zudem ist diese Magnesiumform sehr pflanzenverträglich und somit auch in einem breiten Zeitfenster einsetzbar.

Beispiele für Düngemittel mit Magnesiumsulfat sind ESTA Kieserit, Patentkali, Korn-Kali oder – als Blattdünger – alle EPSO-Produkte. Letztere sind aufgrund ihrer direkten Aufnahme und Wirkung vorteilhaft gegenüber anderen, zwar im Wasser „schwimmenden", doch nicht direkt verfügbaren Magnesium-Formen.

Günstige Aufnahmebedingungen über die Blattoberfläche gibt es bei hinlänglicher Luftfeuchte. Extreme Trockenheit und Temperaturen oberhalb 30° C machen eine Blattdüngung weniger effizient. Zudem entsteht allein schon durch Wassertropfen auf den Blättern bei intensiver Sonneneinstrahlung zum Zeitpunkt der Applikation das Risiko, dass der „Brennglaseffekt" zu Schäden an den Blättern führt. Die Blattdüngung sollte daher in den Morgen- oder Abendstunden erfolgen.

Je besser löslich und je schneller aufnehmbar ein Blattdünger ist, umso schneller können bei seinem Einsatz Blattschäden auftreten. Magnesiumnitrat und Magnesiumchlorid werden z. B. sehr schnell aufgenommen, bewirken aber bei mangelnder Wachsschicht Zellschäden als Stresssymptom. Je immobiler sich jedoch eine Nährstoffform darstellt (Beispiel Magnesiumoxid, Magnesiumhydroxid), umso milder erscheint diese, aber die erwünschte Nährstoffwirkung ist verringert.

Magnesiumsulfat (Bittersalz, z. B. EPSO Top) bietet eine sehr gute Lösung für diese Herausforderung: Es wird schnell genug aufgenommen und ist in dieser Form gut pflanzenverträglich. Das gilt auch für die bei Bor-bedürftigen Kulturen häufig eingesetzten Produkte EPSO Microtop und EPSO Bortop.

Blattdüngung mit Magnesiumsulfat schützt vor Trocken- und Hitzestress

EPSO Microtop 2 x 15 kg/ha

Ohne EPSO Microtop

FAZIT:

Hitze und die damit einhergehende hohe Sonneneinstrahlung sind genauso wie Trockenheit starke Stressfaktoren für die Pflanze. Um Wachstum und Ertragsbildung möglichst gut aufrecht zu erhalten, ist eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung mit Magnesium und Kalium erforderlich. Kalium ermöglicht eine ideale Transpiration der Pflanzen und trägt so zur Kühlung bei. Bei hoher Sonneneinstrahlung steigt die Photosyntheserate und damit der Bedarf an Magnesium, um die Prozesse aufrecht zu erhalten und Blattschäden zu vermeiden. Eine vorbeugende Bodendüngung mit Magnesiumsulfat kann zum Zeitpunkt der Bedarfsspitze durch eine Blattdüngung mit EPSO-Düngern ergänzt werden.

K+S Minerals and Agriculture GmbH
Bertha-von-Suttner-Str. 7
34131 Kassel, Germany

+49 561 9301-0
kali-akademie@k-plus-s.com

www.kali-akademie.de

Ein Unternehmen der K+S

® = Registriertes Markenzeichen der K+S Minerals and Agriculture GmbH Stand der Information: Juni 2023

7970/W/06.23/de/bpis