

DIE VORGESCHICHTE DER ARBEIT, DIE FESTGESETZTEN ZIELE

Eines der schwersten Probleme der Menschheit im 20-sten Jahrhundert ist der Umweltschmutz. Die Schutzstoffe der jetzigen Industrie unterscheiden sich von den mineralischen und biologischen Stoffen, die in der vorigen Perioden der Natur vorgekommen sind, nicht nur in ihrer Quantität, sondern auch in ihrer Qualität: infolge der Verarbeitung und Verwendung der radioaktiven Mineralstoffe (industrieller Rohstoff, Energiequellen, Kriegsmateriale) erschienen die radioaktiven Verschmutzungen im Boden, im Wasser und in der Luft.

Im Laufe der vergangenen zwei Jahrhunderte haben die industriell hochentwickelten Gesellschaften die chemischen Kreisprozesse auf der Erde in einem so großen Maße verändert, dass diese Veränderung unabsehbare ökologische und ökonomische Folge hat bzw. haben wird. In erster Linie spielten hier 3 Faktoren eine entscheidende Rolle: infolge der klimatischen Veränderung, weiter durch die Wirkung, den Einfluss der Erosion und Deflation wird unsere Versorgung mit Lebensmitteln unsicher, die Luftverschmutzung und der saure Regen verursachen Waldsterben und verändern die chemische Zusammensetzung des Bodens, ferner die chemische Umweltverschmutzung gefährdet die Gesundheit der Menschen. Infolge der schädlichen menschlichen Tätigkeiten aus dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes verändert sich die Zusammensetzung der Umweltelemente (der Luft, des Wassers, des Bodens) qualitativ und quantitativ, diese Veränderung ist sehr schwer zu kontrollieren. In Betracht genommen, dass die verschiedenen Verbindungen von Zr im Boden in einem breiten Konzentrationsbereich zu finden sind (30-2000 mg/kg, das 20. Am häufigsten vorkommende Element der Erde). Wir müssen damit rechnen, dass die Veränderung der schwer verfolgbaren chemischen Zusammensetzung der Umweltelemente die Herausbildung, das Zustandekommen der Verbindungsformen ermöglicht, die die Pflanzen aufnehmen können. So geraten sie in die Ernährungskette und können viele Gesundheitsprobleme bei den Menschen und Tieren verursachen.

Von den im Boden vorhandenen Mikroelementen – was die Konzentration betrifft – kommt Zr dem Nickel, dem Zink, dem Kupfer und dem Blei zuvor.

Wegen der zahlreichen nuklearen Versuche, sowie der verschiedenen kleineren-größeren Atomreaktorunfälle konzentrierte sich in der Natur das radioaktive Isotop von Zr Massenzahl 95 und 93. Das Isotop mit 95 Massenzahl 65 Tage, das mit 93 Massenzahl $1,5 \cdot 10^6$ Jahre ist die Halbwertszeit. So müssen wir mit der Vergrößerung der radioaktiven Zr-Konzentration im Boden rechnen. Deshalb ist die Erscheinung bemerkenswert,

weil das Isotop Massennummer 95, das bei den nuklearen Unfällen in größter Quantität entsteht, sehr beweglich ist und 95% der Quantität des in den Boden geratenen radioaktiven Elements außerordentlich schnell in den Pflanzen auf dem Gebiet absorbiert.

Im Laufe unserer ersten Versuche haben wir die komplexe Wirkung von Zr-Ascorbat auf Stämmen *Saccharomyces cerevisiae* (menschliche Ernährung) und *Candida utilis* (tierische Fütterung) untersucht.

Beide Stämme haben das Zr in bedeutendem Maße akkumuliert, in ihrer Entwicklung hat nicht einmal die 2nM Zr-Konzentration Hemmung verursacht. Durch die Wirkung der Behandlung hat sich die Element- und Aminosäurezusammensetzung der Hefestämme verändert. Ihre enzymaktivitätshemmende Wirkung hat sich bedeutend kleiner gezeigt, als idr im Falle vom Titan und Kupfer gemessen wurde.

Im weiteren haben wir unsere Untersuchungen auf der Grünalge *Chlorella pyrenoidosa* durchgeführt, bei der – ähnlich den Hefestämmen – eine bedeutende Zr-Akkumulation erfahren haben. Durch die Wirkung der Behandlung hat sich die Konzentration der photosynthetischen Pigmente vermindert und sind neue Farbstofffolgeprodukte in den Zellenextrakten erschienen. Die Elementzusammensetzung der Grünalge hat sich significant verändert. Das Zr hat das Wachstum der Grünalge nicht gehemmt.

Im Laufe unserer Untersuchungen haben wir klären, rechtfertigen wollen, was für einen Einfluss das Zr-Ascorbat auf die Entwicklung der Pflanzen mit höherer Ordnung ausübt. Unsere Untersuchungen haben wir mit der Weizensorte *Triticum aestivum* L. Mv. 20 durchgeführt. Im Laufe der Zr-ASC Dosierversuchen haben wir die Antwort auf die folgenden Fragen gesucht:

- Ob die Wurzel fähig ist, Zr aufzunehmen und eine Translokation bei der Akkumulation zu erfahren ist?
- Ob das Zr eine toxische Wirkung im untersuchten Konzentrationsbereich hat?
- Ob die Behandlung in der Elementkonzentration der Muster eine Veränderung verursacht, hervorruft, mit besonderer Hinsicht auf die aus pflanzenphysiologischem Gesichtspunkt essentiellen Mikroelemente und wenn ja, was kann diese Wirkung erklären?
- Ob eine Veränderung in der Aminosäure-Zusammensetzung der Muster zu erfahren ist und wenn ja, was kann diese Wirkung erklären?
- Ob das Zr-ASC eine Wirkung auf die Chlorophyll-Biosynthese, auf einen der wichtigsten Prozesse des Pflanzlichen Stoffwechsels ausübt?
- Ob eine Veränderung in der Gesamtphenol-Konzentration der Muster, sowie in der Aktivität der Enzyme mit bestimmter anti-oxydanter Wirkung zu messen ist?

- Wie kann die pflanzenphysiologische Wirkung von Zr-ASC mit der Wirkung der aus diesem Gesichtspunkt schon gekannten Mikroelemente verglichen werden?
- Ob das Zr-ASC am Schutzmechanismus der Pflanze im Falle der Cadmium-Kontamination teilnimmt?

MATERIAL UND METHODE

Pflanzenmaterial, Erziehungsumstände

Zur Untersuchung der Zr-ASC Wirkung haben wir 5 Tage im Dunkeln, dann 4 Tage in natürlicher Beleuchtung auf Zimmertemperatur die in Nährlösung gezüchteten Weizenpflanzen *Triticum aestivum* L. Mv. 20 verwendet. Der Grund der Nährlösung war die Knopp-Lösung.

Bei unserem ersten Versuch haben wir die Knopp-Lösung mit Zr-ASC-Lösung von verschiedener Konzentration (10-550 μM) ergänzt, als Kontrolllösung haben wir die mit Kalium-Ascorbat angereicherte Knopp-Lösung verwendet. Bei unserem zweiten Versuch hat die Knopp-Lösung neben den verschiedenen Zr-Konzentrationen (10-55 μM) auch 200 μM Cd-Salz erhalten.

Bei unserem dritten Versuch haben sich die Pflanzen in der Knopp-Lösung entwickelt, die Zr-ASC-Lösung haben wir in der Form der Blattberieselung auf die Pflanze gebracht.

Mikroelementquelle

Als Zr-Quelle haben wir die aus dem anorganischen Zr-oxy-chlorid ($\text{ZrOCl}_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$) – Salz mit Ascorbinsäure hergestellte Komplexverbindung verwendet. Während der Herstellung der Verbindung haben wir einen Ligandumüberfluß von 1:10 Mol-Verhältnis verwendet. Die genaue Zusammensetzung und Struktur ist noch nicht bekannt. Die Herausbildung der Komplexverbindung ist eine Zeitreaktion, und nimmt 5-6 Tage in Anspruch. Danach ist der pH-Wert der Lösung mit der KOH-Lösung von 10 m/m% auf den zu den Versuchen nötigen Wert (pH=7) einzustellen.

Messen der Wachstumsparameter

Bei der Untersuchung der durch Zr verursachten Wirkung haben wir das Keimprozent, die Länge des Blattes und der Wurzel von Weizenpflanzen bzw. den frischen und trockenen Stoffgehalt festgestellt. Zur Feststellung des trockenen Stoffgehaltes auf 104°C haben wir die Muster bis zur Massenkonstanz getrocknet.

Feststellung der Elementzusammensetzung

Die Zr-Konzentration der Muster haben wir mit Verwendung von Arsenazo III Reagent bei Wellenlänge von 665nm ($\epsilon = 120 \text{ mmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) in einem stark sauren Mittel (8 M Salzsäure) mit spektrophotometrischer Methode gemessen. Mit Hinsicht darauf, dass uns keine literarischen Daten über das Zr-Akkumulationsvermögen des Weizens zur Verfügung standen, deshalb haben

wir bei der Zr-Messung Standard-Addition verwendet. (Messbereich: 0,05 – 1,0 mg/l; Nachweisschranke: 2,5 µg/g sz.a.Zr)

Den Elementgehalt der Nährlösungen und Pflanzen habe ich mit ICP-OES-Methode festgestellt.

Bestimmung von Biogen-Aminverbindungen

Die extrahierten und filtrierten Muster haben wir mit Hilfe eines automatischen Aminosäure-Analysator bestimmt.

Messen des Chlorophyllgehaltes

Den Chlorophyllgehalt der Muster haben wir aus mit Azeton von 80 v/v% extrahierten dann separierten Blattmustern auf der Wellenlänge von 644 nm und 663 nm, mit spektrophotometrischer Methode gemessen und gerechnet.

Bestimmung des Gesamtphenol-Gehaltes

Den Gesamtphenol-Gehalt der Muster haben wir mit photometrischer Methode mit Hilfe von Gallussäure Kalibrationskurve auf der Wellenlänge von $\lambda=760$ nm bestimmt.

Bestimmung der Enzymaktivität

Die Bestimmung der Enzymaktivitäten ist aus dem zellenfreien Extraktum des pflanzlichen Gewebes geschehen. Die abgeschnittenen Pflanzenteile (Blatt bzw. Wurzel) wurden homogenisiert, später nach dem Zentrifugieren aus dem Obenaufschwimmenden mit spektrophotometrischer Methode gemessen.

- Gvajakol-Peroxidas

Die Entstehung des Tetragvajakol-Produktes aus dem Gvajakol-Substrat haben wir mit der Verfolgung der Absorbantiaveränderung, die bei der Wellenlänge von $\lambda=470$ nm ($\epsilon=26,6$ mmol⁻¹ cm⁻¹) erfolgt ist, bestimmt.

- Ascorbinsäure-Peroxidas

Die enzymkatalisierte Oxidation des Ascorbinsäure-Substrats haben wir mit der Verfolgung der Absorbantiaveränderung bei der $\lambda=290$ Wellenlänge ($\epsilon=2,8$ mmol⁻¹ cm⁻¹) gemessen.

- Glutation-Reduktase

Es wurde mit 5,5'-ditio-bis-(2-Nitrobenzoesäure) Substrate, bei der $\lambda=412$ Wellenlänge ($\epsilon=14,15$ mmol⁻¹ cm⁻¹) gemessene Absorbantiaveränderung qualifiziert.

Statistische Methoden

Die Behandlungen haben wir in allen Fällen in 3 – in der Zeit und innerhalb der Behandlung – unabhängigen Wiederholung durchgeführt. Im Laufe der Auswertung der Ergebnisse haben wir Die Welch-Probe benutzt.

In allen Fällen haben wir das Sicherheitsniveau von 95% in Betracht genommen.

ERGEBNISSE, SCHLUßFOLGERUNGEN

UNTERSUCHUNG DER ZR-ASC-WIRKUNG

Wachstumsparameter

Im Laufe der Versuche habe ich die Wirkung der 10, 33, 55, 100 und 550 μM Zr-ASC Behandlung auf die Entwicklung des Weizenkeimlings untersucht. Aus dem Gesichtspunkt der Wachstumsparameter haben sich nur die Behandlungen mit größter Konzentration als schädlich erwiesen. Auf ihre Wirkung hat sich das Keimprozent signifikant vermindert, weiter die Wurzel- und Blattgröße, zur gleichen Zeit ist ein signifikantes Wachstum im Trockenstoffgehalt der Wurzel und des Blattes zu erfahren. Die Entwicklung des Weizenkeimlings ist in der Nährlösung, die Zr in der Konzentration von 100 und 550 μM enthält, gehemmt. Die große Zr-Konzentration ist als der die Produktivität der Pflanze begrenzende, abiotisch Streßfaktor zu betrachten.

Zr-Akkumulation, Translokation

Aus den Nährlösungen von verschiedener Zr-Konzentration ist der Weizenkeimling fähig, das Zr aufzunehmen. Die in den Wurzelmustern akkumulierte Zr-Menge hängt mit der Zr-Konzentration der Nährlösung zusammen. Im Laufe der Nährstoffaufnahme ist nicht nur die Akkumulation in der Wurzel, sondern auch die Translokation innerhalb der Pflanze (Wurzel – Blatt) zu beobachten. Der Ausmaß der Translokation bei der Behandlung mit 100 μM Zr-ASC erreicht seinen maximalen Wert (im Blatt 261 μg Zr/g dr.w., SD=4,8; gleichzeitig in der Wurzel 286 μg Zr/g dr. w., SD=5,6).

Die Zr-Konzentration der Wurzel und des Blattes – auch bei den kleineren Zr-ASC Behandlungen – ist ein Wert von gleicher Größenordnung. Diese verhältnismäßig große Translokation ist vermutlich damit zu erklären, dass die Ascorbinsäure mit dem Zr ein stabiles, neutral geladenes Komplexmolekül zustande bringt. Es ist vorstellbar, dass die Ascorbinsäure so eine „Schutzhülle“ um das Zr bildet, dadurch vermindert sie die Möglichkeit, dass sich das Zr mit den negativ geladenen Gruppen der Zellwand verknüpft. Die Methode mit Bezug auf die Struktur des Komplexes ist zur Zeit noch eine Annahme, mit Versuchen noch nicht bewiesen.

Auf die Wirkung der maximalen Zr-Belastung ist in der Wurzel ein um eine Größenordnung größerer Zr-Gehalt (1316 $\mu\text{g/g}$ dr.w.) zu messen, als im Falle der Behandlungen von kleinerer Konzentration. Aber der Zr-Gehalt des Blattes verändert sich nach der Behandlung mit 100 und 550 μM Zr-ASC praktisch nicht. All das weist darauf hin, dass die Behandlung mit 550 μM Zr-ASC in bedeutendem Maße die Zellmembran schädigt. Demzufolge löst die passive Aufnahme

den aktiven Transportprozess von Zr ab: das Metall kann durch Diffusion in die Gewebe strömen. Die Verhinderung des Transports in die Triebe kann auf den Schutz der überirdischen Teile der Pflanze hinweisen.

Aminosäure-Gehalt

Auf die Wirkung der Zr-ASC Behandlungen von verschiedener Konzentration verändern sich das Verhältnis der Komponenten der Aminosäure in der Pflanze und der Wert der Gesamtaminosäure-Konzentration. Sowohl in den Wurzelmustern, als auch in den Blattmustern erhöhte sich significant die Gesamtaminosäure-Konzentration. Von den einzelnen Aminosäuren ist das Konzentrationswachstum von alanin (im Blatt), asparaginsäure, glutamin, Ser⁺ (serin + threonin + asparagin + glutamin) und GABA (im Blatt) am bedeutendsten.

Aufgrund der Versuchsergebnisse ist festzustellen, dass die auf die Aminosäure-Konzentration ausgeübte Wirkung von Zr-ASC in vollem Maße mit den Ti-ASC durchgeführten Versuchsergebnissen im Einklang steht.

Aufgrund des bedeutenden Konzentrationswachstums der einzelnen Aminosäure-Komponenten ist es möglich, dass das Zr-ASC auf den Zitratkreis eine mittelbare Wirkung ausübt, da das Zr-ASC durch die Transformation des in großem Maße zugenommenen alanin, threonin und Ser⁺ (Ser⁺-Konzentration Gehalts die Entstehung der Pyrotraubensäure zur Folge haben kann.

Chlorophyll-Gehalt

Es ist festzustellen, dass der Chlorophyll-Gehalt des Weizenkeimlings auf die Wirkung der Behandlung mit Zr-ASC significant zunimmt und sogar bei der Zr-Belastung von größter Konzentration höher ist (keine significant Abweichung) im Vergleich mit der Kontrolle. Obwohl der Konzentrationsbereich von 100 µM und 550 µM aufgrund der sonstigen Gesichtspunkte (Wachstumsparameter, Elementzusammensetzung) als toxisch zu betrachten ist, erleidet das photosynthetische System der Pflanzen keinen Verlust, sind die klorotischen Symptomen nicht zu bemerken.

Die Möglichkeit besteht, dass das niedrige Zr^{3+}/Zr^{4+} Redoxpotential in der Elektrontransportkette die Menge von Fe^{2+} erhöht – ähnlich seiner vermuteten Wirkung bei den Versuchen mit Ti-ASC, dadurch stimuliert es die Synthese des Chlorophylls und die Biosynthese des Pigments, gleichzeitig hemmt es die enzymatische Degradation.

Gesamtphenol-Gehalt

Auf die Streßwirkung reagierten die Pflanzen als Schutzreaktion mit der Erhöhung ihres Gesamtphenol-Gehaltes. Bei den Pflanzenversuchen mit Hydrokultur würden wir auf diese Reaktion bei den Wurzelmustern auf verständliche Weise warten. Im Laufe unserer Versuche ist diese Tatsache überraschend nicht zu erfahren, im Wurzelmuster des Weizenkeimlings hat sich der Gesamtphenol-Gehalt significant vermindert, unabhängig von der Zr-Konzentration der Nährlösung. Die Erscheinung ist wahrscheinlich mit der in der Zn, Mn und Cu-Konzentration erfolgenden Erhöhung der Wurzelmuster im Zusammenhang. Der Zusammenhang der Konzentrationserhöhung dieser Elemente und der Verminderung des Gesamtphenol-Gehaltes des Musters wurde schon auch bei anderen Versuchen erfahren.

Die Veränderung der Enzymaktivität

Die Erhöhung der Aktivität von Gvajakol-Peroxidas (POD), Ascorbinsäure-Peroxidas (APX) und das Glutation-Reduktas (GR) weist eindeutig auf die oxidative Streßwirkung hin.

Die Aktivitätswerte des Enzyms POD untersucht ist festzustellen, dass die Zr-ASC-Behandlung von größter Konzentration in der Pflanze eine eindeutige Streßreaktion hervorruft. Die Aktivität von POD in der Wurzel und im Blatt – im Vergleich mit dem Kontrollwert – hat sich auf das Dreifache vergrößert.

Es lohnt sich zu bemerken, dass eine bedeutende Verminderung in der Gesamtphenolmenge bei der Wurzel und dem Blatt – auf Wirkung der Zr-Konzentration von 100 und 550 μM erfolgend und parallel zu der Erhöhung der großen POD Aktivität – zu erfahren ist. Die einzelnen Schritte der Lignig-Biosynthese werden durch die POD Isoenzyme katalisiert. In diesem Prozess verwertet das Enzym auch verschiedene Phenol-Verbindungen als Substrat.

All das weist darauf hin, dass die erhöhte POD-Aktivität in erster Linie aus der Aktivitätserhöhung der an der Lignification teilnehmenden Isoenzyme stammt. Diese Aktivität wurde schon auch früher im Zusammenhang mit anderen umweltverschmutzenden Metallen beschrieben. Mit einer größeren Lignindeposition ist das Enzym fähig, die Metallaufnahme der Pflanze physikalisch zu verhindern, zu hemmen. Aber die große Lignification erhöht die Rigidität der Wurzelzellen, was zur Hemmung des Wachstums führt. Das hat sich klar auch in der Wirkung gezeigt, die die große Zr-Konzentration auf das Wachstum der Wurzel ausgeübt hat.

Auch die Entwicklung der Pflanzen unterstützt die in der POD-Aktivität gemessene Veränderung, weil die Größe, der Außmaß, die äußere Erscheinung der Pflanzen die Streßwirkung eindeutig zeigen. Infolge der Wirkung der Zr-ASC-Behandlung von großer Konzentration erhöhte sich die APX- und GR-Aktivität. Diese Aktivität weist darauf hin, dass

die Pflanzenzellen infolge der Zr-ASC-Behandlung in bedeutendem Maße eine oxydative Wirkung erleiden.

DIE UNTERSUCHUNG DER ZR-ASC WIRKUNG BEI DER NÄHRLÖSUNG MIT CD-GEHALT

Wachstumsparameter

Auf Wirkung von 200 μM Cd – ein vermindertes Keimprozent, eine in der Länge der Wurzel und des Blattes erfolgte bedeutende Verminderung und eine im Trockenstoffgehalt erfahrene erhebliche Erhöhung sind mit der durch Cd verursachte toxische Wirkung zu erklären. Die Zr-ASC-Behandlung ist fähig, die im Wert des Keimprozentos erfolgte Verminderung in significantem Maße auszugleichen. Sie hat die durch Cd verursachte Streßwirkung in großem Maße vermindert, aber in vollem Maße nicht kompensiert.

10 und 33 μM Zr-ASC Behandlung reduzierte significant die Reduktion der Länge der Wurzel und des Blattes der Cd-behandelte Pflanzen, aber bei der 55 μM Konzentration konnte dieser Einfluß nicht durchgehen.

Das Wachstum im Trockenstoffgehalt der behandelten Pflanzen hängt damit zusammen daß die Schwermetalle den Wasserhaushalt der Pflanzen ungünstig beeinflussen.

Das in den verschiedenen Konzentrationen gegenwärtige Zr kann diesen Einfluß antagonisierten, und damit kann es den Trockenstoffgehalt der Wurzel und des Blattes vermindern.

Zr- und Cd-Akkumulation, Translokation

Die Translokation des Zirconiums ist aus der Nährlösung in die Wurzel sehr hoch, die in der Wurzel gemessene Zr-Konzentration ist mit Größenordnung höher, als in den verrichteten Versuchen ohne Cd..

Wir vermuten, in dem Hintergrund dieser Erscheinung steht vielleicht ein antagonistischer Einfluß zwischen dem Zr und Cd. Der Weizenkeimling, wahrnehmend das toxische Cd, als ein Schutzprozeß steigert das Zr in höherem Maße. Ähnlicher Prozeß wurde zwischen dem Cd und Cu registriert, sowie zwischen dem Cd und Zn, wenn der lebendige Organismus das toxische Cd kompensieren kann, wenn sein Cu- und Zn-Gehalt richtig ist.

Diese Erscheinung haben wir auch erfahren, wenn die Cu- und Zn-Konzentration in der Wurzel der, in der Cd-gehaltigen Nährlösung erwachsenden Pflanze beträchtlich größer wurde (im ersten Fall war diese Erhöhung ungefähr fünffach, im letzten Fall war fast dreifach). Diese Erscheinung ist als ein Schutzprozeß zu deuten. Auch die Konzentrationsänderung der benannten Metalle unterstützt den antagonistischen Einfluß zwischen dem Zr und Cd, weil das in der Nährlösung

gegenwärtige Zr-ASC in der Wurzel akkumuliert in die vollbesetzte Aufgabe des Cu und Zn im Schutz teilweise herübernehmen kann.

Die Wurzel→Blatt Translokation des Zirconiums wurde in großem Ausmaß reduziert. Unserer Meinung nach, diesen Prozeß kann man so deuten, daß die Wasseraufnahme der Pflanzen und die Wasserbewegung in den Pflanzen von dem Cd behindert ist, so ist die Translokation der wasserlöslichen Nährstoffe – in dem gegenwärtigen Fall die von Zr-ASC– gehemmt.

Die Weizenkeimpflanze akkumulierte das Cd in ihrer Wurzel in sehr hoher Konzentration. Die gehemmte Cd-Translokation bei den Blattstichproben wurde auch erfahren, wie wir zumuten, es unterstützt unsere zwischen dem Zr und dem Cd bestehende Ionkompetitions-Theorie.

Chlorophyll-Gehalt

Die Konzentration des Chlorophylls der Pflanzen wurde von dem Cd im bedeutenden Umfang reduziert. Das kommt von der reduzierten Chlorophyll-Biosynthese, oder von der reduzierten Biosynthese des LHCII Licht einsammelnden Eiweißkomplexes, oder von der oxydativen Schädigung. Den schweren schädigen Einfluß konnte das Zr nicht in vollem Maße antagonisieren, aber bei der 33 µM Konzentration wurde ein significant höhere Chlorophyll-Gehalt gemessen. Bei dem Einfluß des benannten Zr-Gehalts wurde eine significant erhöhte Eisenkonzentration herausgestaltet. Das Wachstum des Chlorophyll-Gehalts kann mit der intracellularen Eisenakkumulation und das Mehrgemäß von Fe²⁺-Ionen zusammenhängen.

Diese kleinen Ionen (Ti, Zr) können das angespeicherte Eisen aus den Verbindungsort herausdrücken, so ist es möglich, daß mehr Eisen an den biochemischen Prozeßen teilnehmen kann (z.B. in der Chlorophyll-Biosynthese), wie es bei dem Ti vorausgesetzt wurde, das Wachstum des Chlorophyll-Gehalts hervorruft.

Gesamtphenol-Gehalt

Die Erhöhung des gesamtphenol-Gehaltes, die bei der Wurzel und dem Blatt des in der Cd-haltigen Nährlösung gezüchteten Weizenkeimlings gemessen wurde, zeigt eindeutig eine Streßwirkung. Dieser Einfluß wurde durch die 33 und 55 µM Zr-Konzentration in kleinem Maße vermindert. Mit den angewandten Zr-ASC konnte der von dem Cd hervorgerufene StressEinfluß nicht korrigiert werden.

Die Veränderung der Enzymaktivität

Das Cd bildet keine aktiven Sauerstoff-Formen unmittelbar, wie z.B. das Kupfer, aber es kann mit der Erhöhung der Enzymaktivität oxydativen StressEinfluß auslösen.

In der Wurzel und dem Blatt des in der Cd-haltige Nährlösung gezüchteten Weizenkeimlings wurde hohes Wachstum in allen drei Enzymaktivität (POD, APX, GR) wahrgenommen, welche zeigt, daß die Pflanze bedeutende oxydative Streßwirkung bekam.

Die POD- und APX-Enzymaktivität wurde bei den Wurzelmustern von dem 10 und 33 μM Zr-ASC significant reduziert. Das heißt, die kleine Zr-Konzentration kann den toxischen Cd-Einfluß mildern.

Bei den Blattmustern registrierten wir nur geringe APX und GR- Aktivitätserhöhung gegenüber den Cd-Kontrollen. Das besagt, daß in der Gegenwart der 10 und 33 μM Zr-ASC Lösung, die oxydative Stresswirkung ist geringes, so erhöht sich die Aktivität der zwei Enzyme weniger, die in der Entgiftung eine Schlüsselrolle spielen. Nach unseren Ergebnissen können wir die folgende Folgerung ableiten: Das Zirconium ist in dem 10-33 μM Konzentrationsgebietbereit, den oxydativen Stresseinfluß des Kadmiums zu vermindern.

Die Wachstumsparameter, die Akkumulation einzelner essenzieller Spurenelementen, der Chlorophyll-Gehalt weisen darauf hin, daß der von dem 200 μM Cd ausgelöste abiotische Stresseinfluß mit 10 und 33 μM Zr-ASC in bedeutendem Maße zu vermindern ist, beziehungsweise die stressdulderhafte Fähigkeit der Pflanzen vermehrbar ist.

VERSUCH MIT BLATTBERIESELUNG

In diesem Versuch suchten wir die Antwort darauf, wie die Pflanze das Zr-ASC aufnehmen kann, wenn wir diese Verbindung auf die Blätter berieseln. Verwirklicht sich ein Blatt→Wurzel Elementtransport?

Nach unseren Ergebnissen festzustellen, der Weizenkeimling kann das Zr auch durch die Blätter aufnehmen. Diese Akkumulation ist sehr gering, nur 5,2% der berieselten Menge konnten wir in den Blättern zurückmessen. Wir registrierten das beberieselte Zr auch in der Wurzel, das war nur 2,7% der Gesamtmenge.

NEUE WISSENTSCHAFTLICHE ERGEBNISSE (THESEN)

Als erste den Einfluß auf Weizenkeimling des Zr-ASC-s untersucht, habe ich festgestellt:

- Bedeutender abiotischer Stresseffekt wurde auf die Wachstumsparameter von den 100 und 550 μM Zr-ASC Konzentrationen hervorgerufen:
 - Das Keimprozent wurde signifikant reduziert
 - Die Länge der Wurzel und des Blattes wurde signifikant reduziert
 - Die Trockensubstanz wurde signifikant vergrößert
- Das Zirconium - aus den verschiedenen Zr-Lösungen- wurde vom Weizenkeimling aufgenommen.
 - Zusammenhang wurde zwischen der Menge des in der Wurzel akkumulierte Zirconiums und der Konzentration der Nahrungslösung registriert
 - Das Elementtransport von der Wurzel zum Blatt und umgekehrt vom Blatt zur Wurzel wurde bestätigt
 - Translokation bei der 550 μM Zr-Konzentration war gehemmt
- Auf die Wirkung der Zr-ASC Behandlungen von verschiedener Konzentration verändern sich das Verhältnis der Komponenten der Aminosäure in der Pflanze und der Wert der Gesamtaminosäure-Konzentration.
- Es ist festzustellen, daß der Chlorophyll-Gehalt des Weizenkeimlings auf die Wirkung der Behandlung mit Zr-ASC significant zunimmt. Da der Konzentrationsbereich von 100 μM und 550 μM als toxisch zu betrachten ist, erleidet das photosynthetische System der Pflanzen keinen Verlust, sind die klorotischen Symptomen nicht zu bemerken.
- Die 100 und 550 μM Zr-ASC-Behandlungrief eine oxydative Stresswirkung hervor, die POD, APX und GR Enzymaktivität wuchs significant
- Toxische Wirkung des 200 μM Kadmiums auf die Wachstumsparameter wurde vom Zr-ASC antagonisiert
 - Das Keimprozent wurde signifikant vergrößert
 - Die Länge der Wurzel und des Blattes wurde vergrößert
 - Die Trockensubstanz wurde signifikant reduziert
- Hohe Translokation des Zirconiums aus der Nährlösung in die Wurzel. Das Zirconium wurde in der Wurzel geseigert. Meiner Meinung nach, das ist ein Schutz gegen die toxische Wirkung des Kadmiums.
- Das in der Wurzel akkumulierte Zr-ASC konnte, gegen die toxische Cd-Wirkung herübernehmen die Schutzaufgabe des Kupfers und Zinks.

- Die 10 und 33 μM Zr-ASC Behandlung mildert die toxische Stresswirkung des Schwermetalls
 - Negative Wirkung auf die Mn-Konzentration im Blatt, und die Fe-Konzentration in der Wurzel wurden reduziert
 - Chlorophyll-Gehalt wurde in der Anwesenheit von 33 μM Zr-ASC significant vergrößert
 - Gesamtphenol-Gehalt wurde reduziert (beschränkte Stresswirkung)
 - POD und APX Aktivität in der Wurzel wurde significant reduziert
 - APX und GR Aktivität im Blatt wurde significant reduziert

BEANTRAGUNGEN

In diesem Artikel möchte ich meine Pläne zusammenfassen, wie berate ich über meine weiterer Verfolg meiner Arbeit.

- Aufklärung den Gefügebautbau des Zr-ASC Komplexes, Eigenschaften (z.B. stabilitätischer Festwert)
- Materialbilanz des Zirconiums: Nährlösung \rightleftharpoons Wurzel \rightleftharpoons Blatt. Transferfaktoren
- Zusammenhang zwischen dem Zr und anderen, essentiellen Spurenelemente, Materialbilanz
- Untersuchung der Wirkung des Zr-ASC-s nicht nur gegen das Kadmium, sondern auch gegen andere toxische Elementen (Blei, Arsen, Chromat und so weiter)
- Versuche mit anderen Pflanzen (Bohne, Gerste, Sonnenblume), weil wir verschiedene Kennwert mit Ti-ASC schon haben, so wir können unsere Ergebnisse zusammenstellen
- Wir möchten anknüpfen mit der Veterinärmedizinischen Fakultät, weil die Forscher der Futtermittelkunde arbeiten schon lange Zeit mit Spurenelementen, so wäre es möglich, unsere Ergebnisse im Gebiet der Futtermittelkunde auch benutzen