

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

17. Jahrgang / Nr. 7

www.elektrosmogreport.de

Juli 2011

Pflanzenforschung

2,45 GHz-Strahlung verändert die Stresstoleranz in Pflanzen

Nachdem Weizensamen mit Mikrowellen (2,45 GHz) vorbehandelt worden waren, entwickelten sich die 10 Tage alten Pflanzen schneller und waren kräftiger. Nach Meinung der Forscher zeigten die Pflanzen nach Mikrowellenbehandlung der Samen Verbesserungen in ihrer Stresstoleranz gegenüber Cadmiumsalzen (CdCl₂).

Cadmium ist als nicht-essentielles Schwermetall für alle Lebewesen giftig und führt bei Pflanzen zu verschiedenen biochemischen und physiologischen Störungen, sichtbar an vermindertem Wachstum. Cd verursacht oxidativen Stress in der Zelle, es gibt Steigerungen in Wasserstoffperoxidproduktion (H₂O₂), Lipidperoxidation und Durchlässigkeit der Zellmembran. Die Pflanzen reagieren mit Stressreaktionen, indem sie Antioxidans-Enzyme wie Ascorbatperoxidase (APX), Superoxiddismutase (SOD), Katalase (CAT), Peroxidase (POD) und andere, nicht-enzymatische Moleküle wie Glutathion (GSH), Carotinoide (CAR), Ascorbate (AsA) und α -Tocopherol bilden. Diese Substanzen sind für das Abfangen von übermäßig produzierten reaktiven oxidativen Substanzen (ROS) in den unter Stress stehenden Pflanzen zuständig. Auch Mikrowellen können solche Stressreaktionen auslösen, was sich in gesteigertem Wachstum, erhöhtem Frischgewicht und veränderten enzymatischen Aktivitäten ausdrückt. Zudem werden die Pflanzen stresstoleranter. Die Hypothese ist, dass Mikrowellen Weizen vor Schädigung durch Cadmiumstress schützen können, weil die Pflanzen eine Cadmium-Stress-Toleranz entwickeln. Nachdem die Weizensamen mit Mikrowellen vorbehandelt worden waren (vier Gruppen von je 1000 Samen, 2,45 GHz, Leistungsflussdichte 126 mW/cm², 0, 5, 10 und 15 Sekunden), wurden die Samen in großen Petrischalen zum Keimen gebracht. An Tag 7, wenn das erste Blatt voll entfaltet ist, wurde eine Cadmiumchloridlösung (CdCl₂ 150 μ M) hinzugegeben. An den Tagen 2, 4, 6, 8 und 10 wurden Blätter und Wurzeln auf Enzymparameter und Wachstum von Spross und Wurzel (Größe und Gewicht) untersucht. Als Kontrollen dienten unbehandelte Samen (ohne Mikrowellen und ohne Cadmium).

Die Ergebnisse zeigen, dass eine 150 mM CdCl₂-Lösung Spross- und Wurzellänge, Trockengewicht, die Konzentrationen von AsA und GSH sowie die Aktivitäten der Enzyme SOD, POD, CAT und APX unter CdCl₂-Stress reduziert, während die Produktion von MDA-, H₂O₂- und O₂⁻ (Superoxidradikal) in den Zellen der Sämlinge anstieg. Die Samen, die 5 und 10 Sekunden mit Mikrowellen vorbehandelt worden waren, zeigten Cadmiumtoleranz durch Reduktion der MDA- und H₂O₂-Konzentration, der Produktionsrate von O₂⁻ und Steigerung der Aktivität der untersuchten Enzyme und der Konzentrationen von GSH und AsA. Die Ergebnisse zeigen außerdem,

dass Mikrowellenstrahlung eine positive physiologische Wirkung auf Wachstum und Entwicklung unter Cadmiumstress haben. Das zeigt sich in höherem Wachstum und Trockengewicht. Daher schlussfolgern die Autoren, dass die Mikrowellen zur Stresstoleranz der Weizensamen gegenüber CdCl₂ beitragen.

Cadmium ist kein Redox-aktives Metall, kann aber trotzdem indirekt ROS erzeugen durch oxidative Schädigung von Zellbestandteilen einschließlich der Lipide. Weil Lipidperoxidation eine der ersten Folgen von oxidativer Schädigung ist, wurde MDA untersucht als Indikator für Cd-Stress-induzierte ROS-Bildung. Ein deutlicher Anstieg der Konzentration von MDA, H₂O₂ und der Produktion von O₂⁻ war unter Cd-Stress zu sehen, aber diese Wirkung wurde fast ganz aufgehoben, wenn die Samen 5 oder 10 Sekunden mit Mikrowellen (nicht bei 15 Sekunden) vorbehandelt worden waren (Ähnliches findet man bei Osmose- oder Salzstress). D. h. Mikrowellenvorbehandlung kann Lipidperoxidation und MDA-Produktion verhindern und somit sind die Pflanzen nach kurzer (nicht bei längerer) Mikrowellenbehandlung vor Cadmiumstress geschützt. Superoxidradikale (O₂⁻) sind giftige Nebenprodukte des oxidativen Stoffwechsels, sie können mit H₂O₂ hochreaktive Hydroxylradikale (OH[•]) bilden, die als sehr giftige Sauerstoffmoleküle in der Zelle gelten. Die Umbildung von O₂⁻ in H₂O₂ und O₂ durch das Enzym SOD ist ein wichtiger Vorgang zum Schutz der Zelle. Die erhöhte Aktivität des Enzyms nach MW-Behandlung in diesen Experimenten könnte bedeuten, dass die Zellen eine bessere Befähigung als Radikalfänger bekommen haben. H₂O₂ muss ebenfalls entgiftet werden, dafür haben Pflanzen eine ganze Reihe von Enzymen, z. B. POD, CAT und APX und die Veränderung der Konzentrationen von GSH und AsA.

Mikrowellen erzeugen Rotationen in dielektrischen Molekülen wie z. B. Wasser. Durch die Rotation entsteht Wärme. Diese Wärme kann die geladenen Teilchen beeinflussen, es kommt zu Veränderungen in der Orientierung der Moleküle und der Funktion der Ionenkanäle. In diesen Experimenten erhöhte sich die Temperatur um 1,3–2,03 °C im Vergleich zur Kontrolle. Dadurch wird das thermodynamische Gleichgewicht

Weitere Themen

Wirkung von 2,2-GHz-Strahlung, S. 2

Je nach Art der Zelllinie kann man einen Einfluss von Hochfrequenz auf das Zellwachstum feststellen.

Fehlerabschätzung in der Epidemiologie, S. 2

Die laufende CEFALO-Studie wurde in einer Simulation auf die Wahrscheinlichkeit von falschen Ergebnissen untersucht.

Befangenheit in der Wissenschaft, S. 3

Nebentätigkeiten von Wissenschaftlern, die auch in politischen Gremien sitzen, wurden öffentlich gemacht.

gestört und die Samen mussten mehr Energie aus der Umgebung aufnehmen als die unbehandelten im Verlauf der Entwicklung. Folglich wurde der biochemische und physiologische Stoffwechsel beschleunigt und die Biomasse der Pflanzen erhöht. Viele dieser Veränderungen werden adaptiven Reaktionen in Gegenwart von Cd-Stress zugeschrieben, wenn auch die Mechanismen nicht klar sind. Die Vorbehandlung mit Mikrowellen, 5 oder 10 sec lang, hat jedenfalls schützende Wirkung gegen Cd-Schädigung, im Unterschied zu längerer Bestrahlung.

Quelle: ZongBo Qiu, JinTing Li, YaJie Zhang, ZhenZhen Bi, HuiFang Wei (2011): Microwave pretreatment can enhance tolerance of wheat seedlings to CdCl₂ stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74, 820–825

Kommentar zu den Schlussfolgerungen: Die Schlussfolgerungen der Autoren, dass die Vorbehandlung mit Mikrowellen Pflanzenzellen vor Stress-Schädigung schützen kann, also die so genannte Stresstoleranz erzeugt wird durch veränderte Regulation der relevanten Enzyme und anderer Zellbestandteile (Steigerung bzw. Verminderung von Aktivitäten und Konzentrationen), erscheint gewagt. Die Einwirkung der Mikrowellen könnte Reaktionen in den Samen hervorrufen, die zur Folge haben, dass die Keimlinge besser gewappnet sind, dies allerdings nur bei relativ geringer Dosis. Das Pflanzenwachstum wurde nur 10 Tage beobachtet. Wenn der Stoffwechsel angekurbelt wird, die Pflanzen sozusagen bessere Startbedingungen haben, könnte das im Verlauf der weiteren Entwicklung theoretisch zu schnellerer Erlahmung des Stoffwechsels führen. Was passiert mit älteren Pflanzen, wie ist die Lebensdauer, die Entwicklung der Früchte? Das alles muss geklärt werden.

Hochfrequenzwirkung

Wirkung von 2,2-GHz-Strahlung auf 2 verschiedene Zellarten

Die beiden hier untersuchten Zelllinien von menschlichen Krebszellen zeigten nach 24 Stunden Unterschiede beim Zellwachstum, nachdem sie der Radar-ähnlichen Strahlung ausgesetzt gewesen waren. Nach den Ergebnissen bestätigt sich, dass verschiedene Zellarten unterschiedlich empfindlich gegenüber dieser Art Hochfrequenzstrahlung sind.

Zahlreiche Zellexperimente haben widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber Hochfrequenzstrahlung geliefert. Radarüberwachung erfolgt im Frequenzbereich von 2–4 GHz, und so sind große Teile der Bevölkerung und Militärangehörige dieser Strahlung ausgesetzt. Hier sollte die Hypothese, dass HF-Strahlung die Krebsentwicklung beeinflusst, überprüft werden. Die beiden Zelllinien Neuroblastom NB69 und Leberkarzinom HepG2 wurden einem Radar-ähnlichen pulsmodulierten Signal (2,2 GHz 5 µsec Pulsdauer, 100 Hz Wiederholungsfrequenz) 24 Stunden ausgesetzt. Die SAR-Werte betragen 1,18 – 1,25 – 1,16 – 1,29 – 2,01 – 2,14 – 1,93 und 2,25 W/kg, das ergibt durchschnittlich 23 mW/kg für die 24 Stunden – Werte, die unterhalb der thermischen Schwelle liegen (die Temperaturdifferenz betrug unter 0,1 °C). Die Zellkulturen bestanden pro Zelllinie in 3 x 8 Petrischalen (3-fach Ansatz). Die Negativkontrolle bestand in unbestrahlten Zellkulturen, die außerhalb der Bestrahlungseinrichtung, aber im selben Brutschrank standen wie die scheinbestrahlten Zellen. Es gab nach 24 Stunden keine maßgeblichen Unterschiede zwischen den beiden Kontrollen.

Das Zellwachstum von HepG2 stellte sich nach 24 Stunden bei den bestrahlten und scheinbestrahlten Zellen (je 8 Petrischalen in 6 Wiederholungen) folgendermaßen dar: Bei der Überle-

bensrate gab es kaum Unterschiede, sie betrug bei den scheinbestrahlten Kontrollen 97,16 % und bei den bestrahlten 96,92 %. Bei den NB69-Zellen zeigte sich eine signifikante Reduktion der Zellzahl bei den bestrahlten Zellkulturen, sie betrug 13,5 % weniger als bei der Kontrolle. Zudem gab es eine Erhöhung der Zellwachstumsrate in der G0/G1- und der G2/M-Phase der Zellteilung (6 bzw. 9 %). Zudem gab es eine moderate, aber signifikante Abnahme der Überlebensrate. Bei den HepG2-Zellen dagegen gab es diese Unterschiede nicht. Die Unterschiede bei den NB69-Zellen kommen zumindest z. T. durch Veränderung der Zellzyklus-Kinetik zustande. Der Zellzyklus wird angehalten in der G0/G1- und der G2/M-Phase, was zu einer signifikant verminderten Gesamtzahl der Zellen führte. Die Ergebnisse bedeuten nicht, dass HepG2-Zellen unempfindlich sind, sie reagieren vielleicht in anderen Zellteilungsphasen oder würden erst eine späte Reaktion zeigen. Die Hypothese, dass HF-Strahlung die Krebsentwicklung beeinflusst, stimmt demnach zumindest für bestimmte Zellarten wie die Nervenzelllinie, wie auch andere Experimente zeigten. Damit wird einmal mehr bestätigt, dass Zellarten unterschiedlich empfindlich gegenüber Strahlung sind. Ursache für die zytostatische Wirkung der 2,2-GHz-Strahlung (24 Stunden durchschn. 23 mW/kg) auf Nervenzellen könnte eine Störung der Regulation der Zellteilungsgeschwindigkeit sein. Obwohl der eigentliche Angriffspunkt der Strahlung nicht bekannt ist, passen die Ergebnisse zu der Vorstellung, dass die Zellmembranen mit Veränderungen im Calcium- und/oder Eisenhaushalt betroffen sind.

Quelle: Trillo MA, Cid MA, Martínez MA, Page JE, Esteban J, Ubeda A (2011): Cytostatic Response of NB 69 Cells to Weak Pulse-Modulated 2.2 GHz Radar-Like Signals. *Bioelectromagnetics* 32, 340–350

Epidemiologie

Abschätzung der Fehler in epidemiologischen Studien

Mit Rechenmodellen wurde untersucht, wie sich statistische und systematische Fehler auf die Ergebnisse von Fall-Kontroll-Studien auswirken können. Das Modell war die CEFALO-Studie zu Mobilfunknutzung und Hirntumoren bei Jugendlichen. Es gab unerwartete Abweichungen zwischen Erinnern und objektiven Daten der Telefonanbieter, vor allem bei den Kontrollpersonen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind nützlich für die Neubewertung früherer epidemiologischer Studien wie der INTERPHONE-Studie.

Fall-Kontroll-Studien sind anfällig für Fehler, denn die Daten werden immer rückblickend mittels Fragebögen erhoben. Dadurch können Verzerrungen in der Auswertung durch Fehler in der Erinnerung der Probanden entstehen. Auch die Auswahl der Kriterien und der Teilnehmer kann zu Verschiebungen führen und man errechnet falsche Risikofaktoren. Anhand der laufenden Fall-Kontroll-Studie CEFALO an Kindern und Jugendlichen sollten solche Fehler mit Simulationsmodellen aufgedeckt werden. Die internationale CEFALO-Studie begann 2006 und soll den Zusammenhang zwischen Mobiltelefonnutzung und Hirntumoren bei 7–19 Jahre alten Kindern und Jugendliche untersuchen. Beteiligt sind Dänemark, Norwegen, Schweden und die Schweiz. Es gab zwei Mobilfunk-Expositions-Kategorien, Normal- und Vielnutzer (weniger als 1 Gespräch/Woche bis 5 Gespräche/Tag, Gesprächsdauer 1–10 Minuten/Gespräch). Verglichen wurden Aussagen der Probanden (in Fragebögen) und Daten der Telefongesellschaften (ausgewertet wurden 26 % aller Kranken und 22 % der Kon-