

trollpflanzen. Nach 33 Tagen gab es je nach GA-Variante bis zu 72 % Reduktion im Wildtyp ohne Magnetfeld. Die Cryptochrom-Mutanten zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in beiden Wachstumsphasen. Drei Gibberellin-Oxidase-Gene waren beim Wildtyp nach 15 Tagen im FNF um 69, 63 und 65 % vermindert gegenüber den Erdmagnetfeld-Kontrollen, nach 33 Tagen um 64, 61 und 52 %; die zwei weiteren unterschieden sich kaum von den Kontrollen. Das Blühgen LFY war beim Wildtyp nach 15 Tagen im FNF signifikant vermindert, während SOC1 sich kaum von der Kontrolle unterschied. Nach 33 Tagen waren beide bis 49,4 bzw. 46 % herunterreguliert gegenüber der Erdmagnetfeld-Kontrolle.

Schon früher war gefunden worden, dass das Blühen von Arabidopsis im FNF verzögert wird. Das hängt mit dem Blaulicht-Anteil zusammen und deutete auf eine Beteiligung von Cryptochromen bei der Blütenentwicklung hin (s. auch ElektrosmogReport 9-10/2015). Die Cryptochrom-Funktion könnte demnach durch das fehlende Magnetfeld beeinflusst werden. Nach den hier vorliegenden Experimenten stellt sich heraus, dass Cryptochrome eine wichtige Rolle bei der Blütenbildung in Arabidopsis spielen im Zusammenwirken mit Gibberellinen. Die verschiedenen Gibberelline haben verschiedene Funktionen in einer Reaktionskette, die schließlich in der Blütenbildung münden. Bestimmte bioaktive Gibberelline fördern das Blühen von Pflanzen, indem sie die Expression von den Blüten-Genen LFY und SOC1 induzieren. Diese Prozesse werden über Cryptochrome reguliert.

Man kann schließen, dass die Wirkung des Fast-Null-Magnetfeldes zu niedrigeren Gibberellin-Konzentrationen führt. Durch die niedrigen Gibberellin-Konzentrationen werden die Gene LFY und SOC1 herunterreguliert, was in Verzögerung der Blütenbildung bei Arabidopsis resultiert. Die Regulation der Gibberellin-Biosynthese-Gene im Fast-Null-Feld wird durch Cryptochrome vermittelt. Zudem zeigen die nicht-signifikanten Änderungen der Expression von den Genen, die Gibberellin-Signalgebung zu tun haben, dass die Signalgebung der Gibberelline durch das Fast-Null-Feld in Arabidopsis nicht verändert wird.

Quelle: Xu C, Yu Y, Zhang Y, Li Y, Wei S(2017): Gibberellins Are Involved in Effect of Near-Null Magnetic Field on Arabidopsis Flowering. *Bioelectromagnetics* 38, 1–10

Magnetfeldwirkung auf Pflanzen

Statische Magnetfelder beeinflussen Weizen-Epigenetik

Das Einwirken eines 7-mT-Magnetfeldes auf Weizen-Kalli führt zu Veränderungen, abhängig von Dauer und Entwicklungsstadium: Je jünger der Kallus desto höher ist die DNA-Methylierungsrate und der Polymorphismus. Magnetfelder könnten ein wirkungsvolles Instrument zur Erzeugung epigenetischer Änderungen sein, um ökonomische Vorteile in der Landwirtschaft zu erzielen.

Die DNA ist ständig von Schädigung durch endogene und exogene Faktoren bedroht und deshalb auch ständig mit Reparatur beschäftigt. Zu den exogenen Faktoren zählen u.a. Magnetfelder. Wenn die Reparaturmechanismen nicht ausreichen, hauptsächlich durch erhöhte Schädigung oder Fehler in den Reparaturmechanismen, entsteht Polymorphismus, d.h. viele Genvarianten durch Methylierung der DNA.

Das Erdmagnetfeld von etwa 50 μ T ist ein natürliches Phänomen, an das Lebewesen angepasst sind. Die ICNIRP hat

400 mT (Ganzkörper) als Grenzwert für die Öffentlichkeit empfohlen, obwohl früher 40 mT empfohlen worden waren. Geringe Veränderungen in der Feldstärke schon bei geringen Intensitäten können große Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum in Hinblick auf die Redox-Homöostase haben, was an Bohnen, Sonnenblumen, Zwiebeln und Weizen gezeigt wurde. Positive Auswirkungen können Feldstärken von 4 bis 10 mT auf Wachstum und Ertrag haben, wenn die Samen mit Magnetfeldern vorbehandelt werden. Außerdem sind die Pflanzen widerstandsfähiger gegenüber Trocken- und Hitzestress. Man hat zudem festgestellt, dass die Magnetfelder DNA-Veränderungen erhöhen (Mutationen, Replikation, Transkription und Translation). DNA-Methylierung spielt eine wichtige Rolle bei epigenetischen Prozessen, sie tritt auf bei Änderung der Umgebungsbedingungen und kann zu Anpassung an diese Bedingungen führen. DNA-Methylierung ist auch ein Schutzmechanismus für das Genom gegen schädliche Einwirkungen, die DNA-Sequenzen verändern könnten. Methylierung reguliert die Genexpression durch die Bindung einer Methylgruppe an die Base Cytosin im DNA-Molekül. In dieser Studie sollte untersucht werden, ob statische Magnetfelder geringer Feldstärke DNA-Schäden und Methylierung von Cytosin hervorrufen können.

Je 100 Samen von Brot-Weizen (*Triticum aestivum* L.) ließ man keimen, die Sprossachsen der Embryonen wurden horizontal und vertikal eingeschnitten und in Kulturmedium überführt, so dass die so genannten Kalli (Pflanzenabschnitte mit undifferenzierten Zellen) wachsen können. Die 7-mT-Magnetfeldbehandlung erfolgte an 7 und 14 Tage alten Kalli für 24, 48, 72, 96 und 120 Stunden; als Kontrolle dienten unbefeldete Kalli. Die Kallus-Periode war nach 21 Tagen der Inkubation beendet, da wurde die DNA isoliert und auf Polymorphismus und Methylierung untersucht.

Es kam während der Experimente zu keiner Temperaturerhöhung. Polymorphismus-Bänder zeigten sich im Verschwinden von normalen und Erscheinen von neuen Banden im Gel durch Einwirkung der Magnetfelder. Die höchste Anzahl von verschwundenen und neuen Banden war bei 7 Tage alten Kalli nach 120 Stunden, höchste Anzahl waren 6 Polymorphismus-Banden, niedrigste eine Bande. Die höchsten Polymorphismusraten sah man bei 7 und 14 Tage alten Kalli nach 120 Stunden gegenüber der Kontrolle, d. h. je länger die Einwirkdauer der Magnetfelder desto größer ist der genomische Polymorphismus. Die genomische Stabilität nahm mit jedem Tag der Magnetfeld-Einwirkung ab. Das Verschwinden der Banden war bei 7 Tage alten befeldeten Kalli größer, während nach 14 Tagen mehr neue Banden erschienen.

Die Untersuchung der Magnetfeldwirkung auf die Methylierung des Cytosins der DNA ergab einen starken Anstieg bei 7 und 14 Tage alten Kalli, die höchste Methylierungskonzentration trat auf bei 7 Tagen und 120 Stunden (25,1 %). Die statischen Magnetfelder scheinen genomische Instabilität und DNA-Methylierung auslösen. Der zunehmende Polymorphismus während zunehmender Einwirkdauer statischer Magnetfelder ist ein bemerkenswertes Ergebnis dieser Studie. Bei den Weizen-Kalli als biologisches Material ist die Wachstumsphase entscheidend für die Wirksamkeit: je jünger der Kallus desto stärker sind DNA-Methylierungsrate und Polymorphismus. Schlussfolgerung: Statische Magnetfelder können als wirtschaftliches und wirkungsvolles Instrument zur Induktion epigenetischer Veränderungen in Weizen eingesetzt werden.

Quelle:

Aydin M, Taspinar MS, Cakmak ZE, Dumlupinar R, Agar G (2016): Static Magnetic Field Induced Epigenetic Changes in Wheat Callus. *Bioelectromagnetics* 37, 504–511