

Monika Cwiklinski, Dieter von Hörsten, Wolfgang Lücke und Gerhard Wolf, Göttingen

Alternativen zur chemischen Beizung

Saatgutbehandlung mit Mikrowellen- und Hochfrequenzenergie

*Thermische Beizverfahren mittels Mikrowellen- oder Hochfrequenzenergie bieten eine Möglichkeit zur vollständigen Abtötung von Schadpilzen auf der Oberfläche und im Innern des Saatgutes, wobei die Keimfähigkeit nicht beeinträchtigt wird. Als physikalische Verfahren sind sie auch für den Einsatz in ökologischen Produktionssystemen geeignet. Im Gegensatz zu konventionellen thermischen Verfahren, stellen die dielektrischen Behandlungen wegen der kurzen Behandlungszeiten eine interessante Lösung dar. Ergebnisse von Versuchen zur Abtötung von *Fusarium ssp.* in Weizen weisen auf die Möglichkeit einer praktischen Umsetzung beider Verfahren hin.*

Dipl.-Biol. Monika Cwiklinski und Dr. Dieter von Hörsten sind wissenschaftliche Mitarbeiter, Prof. Dr. Lücke ist Direktor des Institutes für Agrartechnik der Georg-August-Universität Göttingen, Gutenbergstr. 33, 37075 Göttingen; email: uaat@gwdg.de. Prof. Dr. Gerhard Wolf ist Leiter der Abteilung „Biologische Bekämpfung phytopathogener Pilze und Diagnostik“ am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen. Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ihre Unterstützung, die die vorliegenden Forschungsarbeiten möglich gemacht hat.

Schlüsselwörter

Mikrowellenerwärmung, Hochfrequenzenergie, Weizensaatgut, thermische Saatgutbehandlung

Keywords

Microwave heating, radio-frequency electric heating, wheat seed, thermal seed treatment

Literaturhinweise sind unter LT 01121 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Saatgut wird derzeit durch den Einsatz von chemischen Beizmitteln vor Krankheitserregern geschützt. Ökologisch wirtschaftende Betrieben dürfen diese Mittel jedoch nicht verwenden und haben daher nur die Möglichkeit, physikalische Verfahren zur Beizung einzusetzen. Des Weiteren ist die Verminderung von Schadstoffeinträgen in den Boden Thema der öffentlichen Diskussion. In einigen nordeuropäischen Ländern werden durch die Anwendung des Schadschwellenprinzips und die Verhängung von Beizverboten bereits Konsequenzen gezogen. Aufgabe der Wissenschaft ist es daher, alternative Verfahren zur chemischen Beizung zu entwickeln. Thermische Beizverfahren ermöglichen eine Abtötung der Schadpilze sowohl auf der Kornoberfläche als auch im Innern des Korns. Verfahren, die auf konvektiver Erwärmung beruhen, werden aufgrund mangelnder Wirksamkeit und verschiedener prozesstechnischer oder wirtschaftlicher Nachteile kaum angewendet [1 bis 4]. Die Frage nach der Eignung dielektrischer Erwärmungsverfahren mit Hilfe der Mikrowellen- oder Hochfrequenzenergie zur Saatgutbeizung ist deshalb Gegenstand der Untersuchungen.

Einsatz elektromagnetischer Energie

Im Gegensatz zu konventionellen Erwärmungsverfahren wird die Wärme bei dem

Einsatz dielektrischer Verfahren im Innern des Produktes freigesetzt. Dadurch wird eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Produkt und damit eine hohe Behandlungssicherheit erzielt. Für die Erwärmung in elektromagnetischen Feldern sind die dielektrischen Eigenschaften des zu behandelnden Materials von großer Bedeutung. Der Feuchtegehalt des Saatgutes hat dabei einen erheblichen Einfluss auf das Erwärmungsverhalten des Materials [5].

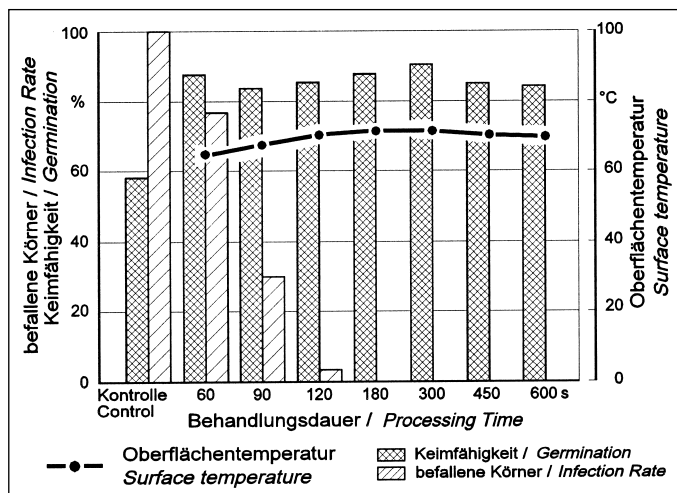
Mikrowellenenergie

Mikrowellen haben eine Frequenz zwischen 300 MHz und 300 GHz und Wellenlängen im Zentimeterbereich. Sie werden in Magnetrons erzeugt und durch geeignete Hohlleiter in einen Behandlungsraum geleitet. Die Wellen dringen in das Behandlungsmaterial ein, wobei die Feldstärke im Material mit der Eindringtiefe abnimmt. Das elektrische Feld im Behandlungsraum muss aufgrund von Wellenüberlagerungen im Behandlungsraum gleichmäßig gestaltet werden. Dies erfolgt durch Dampfeinspeisung in den Behandlungsraum. Um eine verbesserte Temperaturverteilung im Produkt zu erzielen, wird das Material zusätzlich im elektromagnetischen Feld bewegt [6].

Hochfrequenzenergie

Hochfrequenzfelder werden in der Regel in einem Kondensator zwischen zwei planpar-

*Bild 1: Mikrowellen-Dampf-Behandlung von *Fusarium culmorum* infiziertem Weizensaatgut. Einfluss der Behandlungsdauer auf Keimfähigkeit, Pilzbefall und Oberflächentemperatur (Masse: 100 g, Feuchtegehalt: 15%)*



*Fig. 1: Microwave steam treatment of wheat seed infected with *Fusarium culmorum*. Influence of processing time on germination and infection rate (mass: 100 g, seed moisture content (w.b.): 15%)*

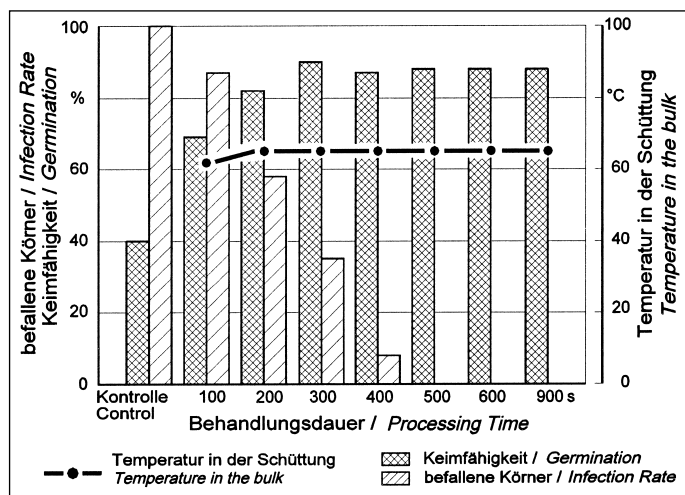


Bild 2: Kondensatorfelderwärmung von *Fusarium graminearum* infiziertem Weizensaatgut. Einfluss der Behandlungsdauer auf die Keimfähigkeit, den Pilzbefall und die Schüttguttemperatur (Masse: 455 g, Feuchtegehalt: 16 %)

Fig. 2: Radio-frequency electric heating of wheat seed infected with *Fusarium graminearum*. Influence of processing time on germination and infection rate (mass: 455 g, seed moisture content (w.b.): 16 %)

allelen Elektroden erzeugt. Dabei werden Frequenzen zwischen 1 MHz und 100 MHz verwendet, wobei Wellen mit Wellenlängen im Meterbereich erzeugt werden. Das Saatgut als Dielektrikum wird dabei ein Bestandteil des elektrischen Wechselstromkreises im Kondensator. Bei der Kondensatorfelderwärmung ist die Feldstärke im gesamten, zwischen den Elektroden befindlichen Material, gleich hoch. Die Temperaturverteilung im Material ist also homogen, wenn dieses relativ gleichmäßige dielektrische Eigenschaften aufweist. Die phytosanitäre Wirkung dielektrischer Erwärmungsverfahren beruht allein auf der thermischen Wirkung. Es sind keine wissenschaftlich gesicherten Beweise für das Auftreten von athermischen Effekten bekannt.

Versuchsanlagen

Die Mikrowellen-Dampf-Behandlung erfolgte in einer Mikrowellenversuchsanlage, die über ein in der Leistung von 120 bis 1200 W stufenlos regelbares Magnetron verfügt und bei einer Frequenz von 2450 MHz arbeitet. Die Anlage ist unter anderem mit einer Verdampfungsvorrichtung und beheizbaren Garraumwänden ausgestattet. Die Saatgutproben befinden sich während der Applikation auf einem aus Teflon angefertigten Probenteller, der mit einer Drehvorrichtung gekoppelt ist. Die Anlage verfügt über verschiedenste messtechnische Einrichtungen, um die für den Prozess relevanten Parameter Produktmasse, Produkttemperatur, gesendete und reflektierte Leistung, Behandlungsdauer und Dampfgehalt kontinuierlich messen zu können.

Die Kondensatorfelderwärmung erfolgte in einer Hochfrequenzanlage, die über einen bis 2800 W Ausgangsleistung stufenlos regelbaren Generator mit konstantem Ausgangswiderstand sowie ein automatisches Anpassungsnetzwerk zur Leistungsanpassung und beheizbare Elektroden verfügt. Die Anlage arbeitet bei einer Frequenz von 27,12 MHz. Die Saatgutproben werden in einem geschlossenen Behälter aus Teflon

behandelt. Während dieser Zeit werden gesendete und reflektierte Leistung, Elektrodenspannung, Produkttemperatur und Behandlungsdauer kontinuierlich erfasst. Produktmasse und -feuchtegehalt werden vor und nach der Behandlung bestimmt.

Beide Anlagen verfügen über eine Computerregelung, durch die die Erwärmungsprozesse automatisiert und relevante Prozessparameter während der Behandlung aufgezeichnet werden können. Die Temperatur im Innern der Saatgutprobe wurde mit der faseroptischen Temperaturmessmethode bestimmt, die sich durch sehr hohe Messgenauigkeit und sehr kurze Ansprechzeiten auszeichnet. Bei der Mikrowellen-Dampf-Behandlung wurde zusätzlich die Oberflächentemperatur mit Hilfe eines Strahlungspyrometers bestimmt [6].

Behandlung von Weizensaatgut

Mikrowellen-Dampf-Verfahren

Eine Mikrowellen-Dampf-Behandlung von künstlich mit *Fusarium culmorum* infiziertem Weizen (15 % Feuchtegehalt) ermöglichte eine vollständige Abtötung der Schaderreger. Dabei konnte die Keimfähigkeit von 58 % der Kontrolle auf 85 % erhöht werden. Bild 1 zeigt den Einfluss der Behandlungsdauer auf den Fusariumbefall und die Keimfähigkeit des Saatgutes. Eine vollständige Abtötung des Schadpilzes wird bereits nach 180 s erreicht. Die Keimfähigkeit wird bis zu 300 s Behandlungsdauer nicht beeinflusst und bis zu 600 s nur geringfügig reduziert. Eine vollständige Abtötung von *Fusarium culmorum* an Weizen kann bei einem Saatgutfeuchtegehalt von 15 %, einer Oberflächentemperatur von 70 bis 75 °C und einer Behandlungsdauer von 150 bis 180 s erzielt werden.

Kondensatorfelderwärmung

In Bild 2 ist der Einfluss der Behandlungsdauer auf Fusariumbefall und Keimfähigkeit nach der Kondensatorfelderwärmung von künstlich mit *Fusarium graminearum* inokulierten Weizen dargestellt. Eine vollständige

Abtötung des Pilzes wurde bei 16 % Saatgutfeuchtegehalt, 65 °C Schüttguttemperatur nach 500 s Behandlungsdauer erreicht. Die Keimfähigkeit wurde dabei von 40 % auf 88 % erhöht. Aus weiteren Versuchen geht hervor, dass der Schaderreger in Saatgut mit einem Feuchtegehalt von 14 % bei 70 °C Schüttguttemperatur und 500 s Behandlungsdauer ebenfalls vollständig abgetötet werden kann. Die Keimfähigkeit wurde hierbei von 40 % auf 83 % erhöht.

Die Versuche zeigen deutlich, dass eine vollständige Abtötung samenbürtiger Schadpilze bei gleichzeitiger Steigerung der Keimfähigkeit möglich ist. Dielektrische Erwärmungsverfahren erlauben eine gleichmäßige Erwärmung ohne nennenswertes Austrocknen oder Befeuchten des Saatgutes. Dies ermöglicht auch eine Behandlung von feuchteempfindlichen Produkten [7, 8]. Die Behandlungsbedingungen (Temperatur, Behandlungsdauer, Erwärmungsrate) müssen auf die Saatguteigenschaften jeder Fruchtart gesondert abgestimmt werden. Eine kombinierte Mikrowellen-Dampf-Behandlung führt zu kurzen Behandlungszeiten. Mit einer alleinigen Mikrowellenbehandlung ist eine Schaderregerabtötung im Saatgut bei Erhalt der Keimfähigkeit aufgrund eines ungleichmäßigen Erwärmungsverhaltens und einer raschen Austrocknung des Produktes nicht möglich. Die Kondensatorfelderwärmung ermöglicht dagegen bei geringfügig längeren Behandlungszeiten die Erwärmung großer Schichtstärken.

Ausblick

Die Behandlung von Weizensaatgut mit Mikrowellen- und Hochfrequenzenergie zeigt, dass eine Saatgutbeizung mit Hilfe dieser Technologien möglich ist und eine Alternative zur chemischen Beizung darstellt. Als physikalische Verfahren sind Mikrowellen- und Kondensatorfelderwärmung auch für die Saatgutbehandlung in ökologischen Produktionssystemen geeignet. Durch den Einsatz elektromagnetischer Erwärmungsverfahren könnte Saatgut in Zukunft – ohne Verwendung chemischer Beizmittel – von samenbürtigen Schadpilzen gereinigt werden. Hierbei ist hervorzuheben, dass die Schaderreger auch im Innern des Saatgutes abgetötet werden. Eine Mikrowellen-Dampf-Behandlung könnte in einer Durchlaufanlage durchgeführt werden. Größere Schichtdicken könnten mittels Hochfrequenzenergie im Batch- oder Durchlauf-Verfahren behandelt werden. Bevor eine technische Umsetzung der Verfahren realisiert werden kann, sind noch weitere Grundlagenuntersuchungen insbesondere an anderen Saatgutarten und an kontinuierlich arbeitenden Anlagen notwendig.