



Frostresistenz – Welche Rolle spielt die Düngung?

Ende des vergangenen Winters sind durch die weit verbreiteten Kahlfröste zum Teil erhebliche Frostschäden vor allem in früh gesätem Wintergetreide (Wintergerste und Winterweizen) aufgetreten. Nur dort, wo eine dünne Schneedecke die Kulturen schützte, blieben flächendeckende Frostschäden aus. Aber auch der Winteraps war hier und da von Frostschäden betroffen, obwohl es anfänglich so aussah, als würde sich der Raps erholen. So aber platzte der Wurzelhals durch die starken Minustemperaturen auf und bot eine Eintrittspforte für Krankheiten, die dann erst nach Vegetationsbeginn für sichtbare Schäden sorgten.

Aber wodurch werden Pflanzen bei Frost geschädigt und wie schützt sich die Natur davor?

Zum einen erleiden die Pflanzen bei Kahlfrösten Trockenstress. Der Boden ist gefroren und damit ist die Wasseraufnahme eingeschränkt oder ganz und gar unterbunden – je nachdem wie tief der Boden gefroren ist. Gleichzeitig treten an den überirdischen Pflanzenteilen Wasserverluste durch Verdunstung auf. Diese Verluste sind bei trocken-kalten östlichen Winden besonders hoch. Je nach Dauer und Intensität des Stresses vertrocknen die Pflanzen. Verstärkt wird dieser Effekt, wenn sich die Pflanzen in einer Kaliummangelsituation befinden. Dann ist die Funktion der Schließzellen von vornherein eingeschränkt und die Pflanzen erleiden unkontrollierte Wasserverluste. Dieser Effekt ist bei Getreide wesentlich stärker, da die Wurzeln noch weniger tief in den Boden reichen als die Wurzeln des Raps,

die vermutlich noch recht lange an das Wasser unter dem gefrorenen Boden heranreichen.

Tabelle 1: Überlebensrate von Raps-Spross-Gewebekulturen in Abhängigkeit der Akklimatisierungsdauer bei 4°C und der Frostdauer bei -9°C.

DAUER DER AKKLIMATISIERUNG BEI 4°C	24 h bei -9°C	48 h bei -9°C	72 h bei -9°C
ohne	24,1 %	12,8 %	0 %
1 Tag	71,4 %	50,0 %	26,4 %
7 Tage	85,5 %	81,6 %	56,2 %

(gekürzt nach Burbulis et al., 2008)



Zum anderen treten Schäden auf, wenn die Pflanzen nicht ausreichend an die niedrigen Temperaturen angepasst sind, wie dies bei plötzlichen Frösten vor Beginn der Vegetationsruhe der Fall ist. Durch die Bildung von nadelförmigen Eiskristallen werden die Zellmembranen zerstört, wodurch die Zellfunktionen nicht mehr aufrechterhalten werden können und die Pflanzen letzten Endes austrocknen. Grundsätzlich durchlaufen die Pflanzen im Herbst eine Periode der Abhärtung, bei der sich die Frosttoleranz ausbildet. Hierfür sind abwechselnd kühle Temperaturen ($> 0^{\circ}\text{C}$) und leichte Fröste notwendig. Klimakammerversuche mit Raps-Spross-Gewebekulturen haben gezeigt, dass eine Anpassung an Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt die Frosthärte deutlich erhöht (vgl. Tab. 1). Nach der Anpassung folgt eine Periode der Toleranzaufrechterhaltung während der kältesten Phasen des Winters. Gegen Ende des Winters baut sich die Frosttoleranz dann wieder ab.

Während der Abhärtung findet eine Akkumulation von osmotisch wirksamen Substanzen in den Zellen statt, vor allem Zucker, aber auch Kalium, wodurch auch der Wasserstatus der Pflanzen verbessert wird. Zudem

» Mit zunehmendem Kaliumgehalt im Boden nahmen die Frostschädigungen ab (vgl. Abb. 1). «

wirken Zucker und Kalium wie ein „Frostschutzmittel“ und senken den Gefrierpunkt ab. Kommt es dennoch zur Eisbildung innerhalb der Pflanzen, dann sind diese durch die Anpassung in der Lage, zwischen den Zellen (interzellulär) Eislinsen auszubilden und damit die Membranschädigung durch die Bildung von Eisnadeln innerhalb der Zellen (intrazellulär) zu verhindern. Durch die Ausbildung der Eislinsen im interzellulären Raum wird den Zellen Wasser entzogen und die Zellsaftkonzentration steigt. Damit wird der Gefrierpunkt der Zelle weiter abgesenkt.

Darüber hinaus wurden zumindest bei einigen Grasarten, darunter Weizen und Gerste, auch „Frostschutzproteine“ nachgewiesen, die an der Vermeidung von Schäden durch Eiskristallbildung beteiligt sind.

Die spezielle Wirkung von Kalium zur Verbesserung der Frosthärte kann in seltenen Fällen auch direkt im Feldversuch gezeigt werden. Diese Versuche sind schwierig, da oft wenige Grad Celsius darüber entscheiden, ob



Frostschäden wie diese waren im Frühjahr vielerorts festzustellen.



Eine isolierende Schneedecke war nur in wenigen Teilen Deutschlands zu finden.

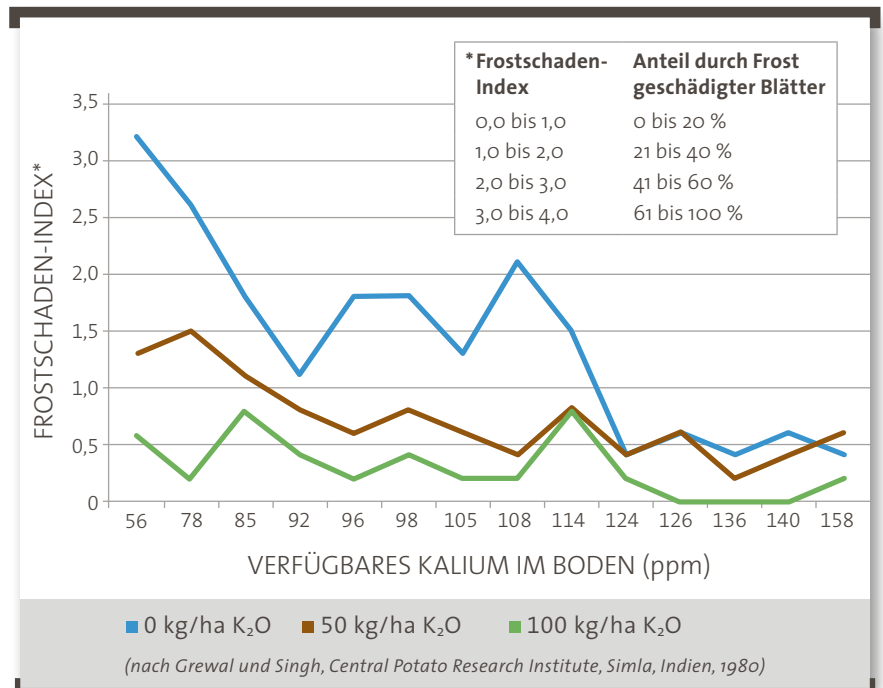


überhaupt Schäden eintreten bzw. so erhebliche Schäden auftreten, dass der ganze Versuch zerstört wird, denn man bewegt sich im Grenzbereich der Frostverträglichkeit der jeweiligen Kultur. In 14 Feldversuchen des Central Potato Research Institute, Simla (Indien), konnte der Zusammenhang zwischen ungenügender Kaliumversorgung und Frostschäden deutlich herausgearbeitet werden. Mit zunehmendem Kaliumgehalt im Boden nahmen die Frostschädigungen ab (vgl. Abb. 1). Zusätzliche Kaliumdüngungsmaßnahmen konnten die Frostschäden in den Versuchen noch weiter mildern.

Im vergangenen Winter kamen vermutlich einige Faktoren zusammen. Zunächst waren die Bestände nicht in der üblichen Vegetationsruhe, sondern wuchsen bis Februar weiter und verbrauchten die Assimilate für ihr Wachstum. Die notwendige Anpassung an niedrige Temperaturen blieb nahezu aus, und die Pflanzen wurden von den tiefen Minustemperaturen überrascht. Auch die Wasserversorgung der Bestände

war nicht optimal. Die Winterniederschläge füllten in vielen Regionen die Speicherkapazität des Bodens nicht auf. Zusammen mit einer ungenügenden Kaliumversorgung waren Schäden vorprogrammiert. ■

Abbildung 1: Frostschäden in Abhängigkeit von Kaliumbodengehalt und Kaliumdüngung



Dr. Hans-Peter König, Kassel



Fazit

Die vorgestellten Zusammenhänge und Versuchsergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit einer angemessenen Kaliumversorgung, um eine bessere Frosthärte zu ermöglichen. Denn Kalium wirkt nicht nur direkt den Frostschäden entgegen, sondern ist über die Zuckersynthese und Zuckerverteilung in der Pflanze auch

indirekt an der Frosthärte der Pflanzen beteiligt. Das Risiko, dass Frostschäden in den Kulturen auftreten, kann folglich durch eine angemessene Kaliumdüngung durch den Anbauer gezielt minimiert werden. Diese Zusammenhänge dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass es noch kälter kommen kann und Frostschäden dennoch auftreten.