

## **Verminderung von Alkaloiden in der Nahrungskette durch die züchterische Verbesserung der Mutterkorn-Resistenz von Winterroggen**

### **Reduction of alkaloids in the food chain by genetic improvement of ergot resistance in winter rye**

T. Miedaner<sup>1</sup>, C. Daume<sup>1</sup>, V. Mirdita<sup>1</sup>, B. Schmiedchen<sup>2</sup>,  
P. Wilde<sup>2</sup> und H. H. Geiger<sup>3</sup>

**Keywords:** consumer protection, food quality, plant breeding

**Schlagwörter:** Verbraucherschutz, Lebensmittelqualität, Pflanzenzüchtung

#### **Abstract:**

*Rye as an outcrossing crop is highly susceptible to ergot infection caused by *Claviceps purpurea*. It is ecologically the best solution to avoid the infection already in the field by growing resistant varieties. Aim of our study is the analysis of inheritance of self-fertile rye material for ergot resistance and alkaloid content. Sixty CMS inbred lines and their 90 CMS crosses were tested in pollen-isolated fields in three environments under the conditions of Ecological Farming by artificial inoculation. The sclerotia weight per head was evaluated as resistance trait. Both, CMS lines and testcrosses showed significant genotypic differences at the individual environments. Correlation between both groups was significant ( $r=0,6-0,7$ ;  $P=0,01$ ). The alkaloid contents and the alkaloid spectra of 25 CMS lines revealed no genotypic difference. Breeding of self-fertile rye for a higher resistance to ergot should be successful on the long run.*

#### **Einleitung und Zielsetzung:**

Roggen ist als Fremdbefruchter besonders anfällig für den Befall mit Mutterkorn, der durch die Infektion mit dem Schadpilz *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. hervorgerufen wird. Während eines Befalls zur Blüte bilden sich schwarze Überdauerungsorgane (Sklerotien), die Alkaloide enthalten, die bei Mensch und Tier Vergiftungen hervorrufen. Um gesundheitlichen Schäden vorzubeugen, wurde vom Gesetzgeber für Brotgetreide ein Grenzwert von 0,05 % Gewichtsanteil und für Futtergetreide ein Gewichtsanteil von 0,1 % Mutterkorn im Erntegut festgelegt. Eine effiziente Entfernung der Sklerotien aus dem Ernte- oder Saatgut ist technisch möglich, aber teuer. Ökologisch wirtschaftende Betriebe, selbstvermarktende Landwirte oder kleinere Genossenschaften können dies kaum leisten. Das Belassen von Gräsern an Feldrainen und Wegrändern führt zu einer Befallssteigerung, da diese als Wirtspflanzen einen Sekundärbefall des Roggens begünstigen.

Deshalb muss der Mutterkornbefall bereits durch pflanzenbauliche Maßnahmen und den Anbau resistenter Sorten auf dem Feld verringert werden (BETZ et al. 1998). In feuchten Jahren mit ungünstigen Blühbedingungen wird Populations- und Hybridrog-

---

<sup>1</sup>Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart, Deutschland, miedaner@uni-hohenheim.de

<sup>2</sup>Lochow-Petkus GmbH, Merzdorfer Str. 1a, 14193 Baruth-Petkus, Deutschland

<sup>3</sup>Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland

gen befallen. Ein verstärkter Befall von Hybridroggen wird durch die geringere Pollenschüttung vieler Sorten und die daraus resultierende erhöhte Infektionswahrscheinlichkeit begründet. In früheren Untersuchungen wurde durch die Randomisation aller Genotypen geringe Pollenbildung mit der genotypbezogenen Mutterkornanfälligkeit vermengt (MIELKE 2000). Deshalb wird in dieser Studie nur mit cytoplasmatisch-männlich sterilem (CMS) Roggen des Nichtrestorer-Formenkreises unter Isolationsbedingungen gearbeitet. Dies ermöglicht eine präzise Erfassung von genetischen Unterschieden bezüglich der Anfälligkeit des Fruchtknotens und Blütenbodens nach dem Eindringen von Pilzsporen. Ziel dieser Studie ist die Analyse der Vererbung von Resistenz und Alkaloidbildung bei selbstfertilem Roggenmaterial.

### Methoden:

In den Jahren 2004 bis 2005 wurden an zwei Versuchsorten (Hohenheim und Petkus) 60 CMS-Linien und deren männlich-sterile Testkreuzungen mit drei Eltern (Testern) bei strenger Pollenisolation unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus in drei Wiederholungen auf Mutterkornresistenz geprüft. Die Linien und Testkreuzungen wurden in drei Sätzen von je 30 Prüfgliedern ausgewertet: L1 und L1 x Tester 1 (=Satz 1), L2 und L2 x Tester 2 (=Satz 2) bzw. L2 x Tester 3 (=Satz 3). Die Prüfglieder wurden in sechsreihigen Mikroparzellen von 1,5 m<sup>2</sup> angebaut, wobei jeweils zwei Reihen der Parzelle aus dem Prüfglied und drei Reihen aus Weizen (2004) bzw. Triticale (2005) als Abtrennung bestand. Die Trennreihen wurden schachbrettartig angelegt und dienten zur Abschirmung der Prüfglieder vor dem gegenseitigen Verschmieren durch Honigtau. Die Infektion der Versuche erfolgte mit einem Isolategemisch mit einer Dichte von  $3 \times 10^6$  Konidien/ml dreimalig zur Vollblüte (BBCH 65) im Abstand von drei Tagen. Zur Merkmalsermittlung wurden die Ähren pro Parzelle auf dem Feld gezählt, von Hand geerntet, getrocknet und die Sklerotien gewogen. Als Resistenzmerkmal wurde der Mutterkornanteil je Ähre (MKÄ) erfasst. Die Daten wurden Logit-transformiert und varianzanalytisch verrechnet. Die Alkaloidanalyse erfolgte an den Sklerotien von 25 CMS-Linien am Institut für Tierernährung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig (PD Dr. S. Dänicke).

### Ergebnisse und Diskussion:

In Hohenheim 2004, Petkus 2004 und Petkus 2005 kam es zu einem differenzierenden Mutterkornbefall. Im Vergleich der drei Sätze zeigten die Tester *per se* und ihre Testkreuzungen Unterschiede im Resistenzniveau (Abb. 1). Die Testkreuzungen

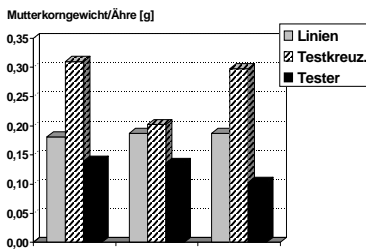


Abb.1: Mittleres Mutterkorngewicht der Linien (=Mütter), der Tester (=Väter) und ihrer Testkreuzungen in drei Sätzen, gemittelt über drei Umwelten.

hatten in allen drei Sätzen aufgrund ihrer Heterosis mehr Mutterkorn als das Elternmittel aus Linien und Tester hätte erwarten lassen, besonders ausgeprägt in Satz 1 und 3. Heterosis prägt sich bei Roggen vor allem durch eine höhere Anzahl Ähren/Ähre aus, was zu höheren Befallsgraden und damit höheren Mutterkorngehalten führt. Außerdem kann der biotrophe Erreger die höhere physiologische Aktivität der Kreuzungen nutzen, um größere Sklerotien zu produzieren.

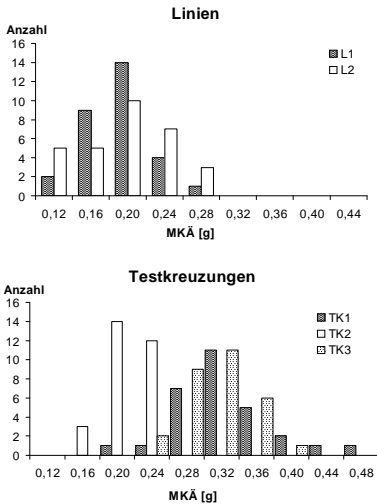


Abb. 2.: Häufigkeitsverteilung der beiden Liniensätze (L (L1, L2) und ihrer korrespondierenden Test-Kreuzungen (TK1, TK2, TK3) für das Mutterkorngewicht pro Ähre (MKÄ) über drei

Das CMS-Material zeigte eine quantitative Verteilung und eine breite Variation für Mutterkorn-Resistenz (Abb. 2). Alle Kreuzungen mit Tester 2 waren deutlich resistenter als die anderen Testkreuzungen, obwohl Tester 3 *per se* eine etwas geringere Anfälligkeit hatte. Die varianzanalytische Verrechnung über drei Umwelten ergab eine signifikante genotypische Varianz für beide Liniensätze (Tab. 1). Die Unterschiede zwischen den Testkreuzungen waren nur in Satz 1 signifikant. Deshalb zeigten auch nur die Linien mittlere Heritabilitäten. Die Genotyp x Umwelt-Interaktionsvarianz war in drei von fünf Fällen deutlich höher als die genotypische Varianz. Dies zeigt eine sehr hohe Umweltabhängigkeit der Widerstandsfähigkeit gegen Mutterkorn, die unterschiedlichen Blühbedingungen in den verschiedenen Umwelten ausgelöst werden könnte. Zwischen den CMS-Linien und ihren korrespondierenden Testkreuzungen wurden in allen drei Sätzen signifikante ( $P=0,01$ ) mittlere phänotypische Korrelationen ermittelt ( $r=0,58 - 0,66$ ). Für den Gesamt-Alkaloidgehalt ergaben sich keine

signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten CMS-Linien. Zwischen den CMS-Linien und ihren korrespondierenden Testkreuzungen wurden in allen drei Sätzen signifikante ( $P=0,01$ ) mittlere phänotypische Korrelationen ermittelt ( $r=0,58 - 0,66$ ). Für den Gesamt-Alkaloidgehalt ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten CMS-Linien. Auch die Linien x Umwelt-Interaktion war für dieses Merkmal unbedeutend, so dass im Versuch insgesamt kaum Varianz für den Alkaloidgehalt vorlag. Auch das Alkaloidmuster war ähnlich, die Alkaloide werden nicht genotyp-spezifisch gebildet.

Tab. 1: Schätzwerte der Varianzkomponenten und Heritabilitäten für Mutterkorngewicht je Ähre (MKÄ) über drei Umwelten (L= Linien, T=Testkreuzungen).

Parameter	FG	SATZ 1		SATZ 2		SATZ 3
		L1	L1 x T1	L2	L2 x T2	L2 x T3
Umwelt (U)	2	. <sup>1</sup>	2,84**	5,09**	3,38**	0,78**
Genotyp (G)	29	2,37*	0,49*	0,98**	0,36	0,36
G x U	58	2,30**	0,72**	0,81**	1,67**	0,81**
Fehler	174	1,14	1,07	1,21	1,07	0,90
Heritabilität		0,51	0,44	0,64	0,11	0,29

\*, \*\* Signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% bzw. 1%, <sup>1</sup> Negativer Schätzwert.

### **Schlussfolgerungen:**

In aktuellem, pollensterilem Zuchtmaterial fanden wir eine physiologische Resistenz gegen Mutterkorn. Morphologische Einflüsse, wie Blütenöffnungsdauer und -weite, Narbenlänge und die Antherenbreite bzw. -länge, können in dieser Studie keinen Einfluss gehabt haben, da der Pollen durch den Isolationsanbau und die männliche Sterilität des Materials fehlte. Solches Material bleibt, je nach Witterung, bis zu sieben Tage bei offenen Blütenchen befruchtungsfähig und ist deshalb extrem empfindlich gegen Mutterkornbefall. Demnach müssen die nachgewiesenen genetischen Unterschiede auf die Resistenz des Blütenbodens gegen den Mutterkornerreger zurückzuführen sein. Dies war auch der Grund, warum wir pollensteriles Material für die Untersuchungen nutzten, für den praktischen Anbau kommt es natürlich nur als Saatelter bei Hybridsaatgutproduktion in Frage.

Die züchterische Nutzung dieser Resistenz ist langwierig, da sie quantitativ vererbt wird (MIRDITA 2006) und hohe Genotyp x Umwelt-Wechselwirkungen zeigt. Letztere führten auch nur zu geringen genotypischen Varianzen in der Serienerrechnung, obwohl die Einzelorte gut differenzierten. Dieser nicht-genetische Einfluss kann nur anhand von Prüfungen in mehreren Umwelten ausgeschaltet werden. Eine Selektion auf Linienbasis liefert bereits eine gute Vorinformation über die Resistenz der Testkreuzungen. Deshalb können die Resistenzprüfungen an weiter entwickeltem Linienmaterial im CMS-induzierenden Cytoplasma (z.B. BC<sub>1</sub>-Generation) erfolgen. Zur Verminderung des Alkaloidgehalts sind Alkaloiduntersuchungen während des Zuchtprozesses nicht erforderlich. Es genügt, auf möglichst geringe Sklerotienbildung zu selektieren.

Diese Ergebnisse bedeuten, dass auch im selbstfertilen Material eine gezielte Resistenzselektion möglich ist. Demnach können in Zukunft Hybridsorten produziert werden, die trotz geringerer Pollenschüttung eine geringe Mutterkornanfälligkeit haben. Noch empfehlenswerter für die Praxis wäre die Entwicklung gut stäubender Sorten mit zusätzlicher physiologischer Mutterkornresistenz.

### **Danksagung:**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz unter dem Förderkennzeichen 03OE600 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Wir danken Herrn PD Dr. S. Dänicke, FAL Braunschweig, für die Alkaloidanalysen und die gute Zusammenarbeit.

### **Literatur:**

Betz H.G., Müller R., Wilde P., Wortmann H. (1998): Mutterkorn vermeiden. AID 1361: 3-16.

Mielke H. (2000): Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* [Fr.] Tul. unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekämpfungsmöglichkeiten des Erregers. Mitt. Biol. Bundesanstalt. Land und Forstwirtschaft, 375 S.

Mirdita V. (2006): Genetische Variation für Resistenz gegen Mutterkorn (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) bei selbstinkompatiblen und selbstfertilen Roggenpopulationen. Dissertation, Universität Hohenheim.