

Züchtungsforschung für den Ökologischen Landbau an der Landessaatzuchtanstalt Hohenheim – Roggen, Triticale und Sonnenblumen

Breeding research for Organic Farming at the State Plant Breeding Institute Hohenheim – Rye, triticale, and sunflower

E.M. Thiem¹, V. Merditaj¹, V. Hahn¹, T. Miedaner¹

Key words: Plant breeding, protein content, resistance, nitrogen-use efficiency

Schlüsselwörter: Pflanzenzüchtung, Proteingehalt, Resistenz, Stickstoffeffizienz

Abstract:

*Breeding is an important tool to develop varieties with an optimal adaptation to organic farming. Several important traits are not covered by conventional research and breeding. At the State Plant Breeding Institute we are presently working on (1) resistance of rye to ergot (*Claviceps purpurea*), (2) nitrogen(N)-use efficiency in triticale, and (3) protein content of sunflower. The inheritance of these complex traits is quantitative. They are analysed in replicated field experiments at two locations in three years at several organic farms in Germany. For testing ergot resistance in rye, 68 populations, 250 full-sib families, 64 lines, and their 90 testcrosses were inoculated at mid-flowering by a spore suspension. All four material groups displayed significant ($P < 0.01$) genotypic variation, indicating that a resistance selection should be feasible. N-use efficiency of 64 triticale genotypes was evaluated at two different N-levels. Significant genotypic variation was found, which is a prerequisite for breeding for improved N-use efficiency. To increase protein content, the 230 sunflower inbred lines investigated showed a high variation for protein and oil content. Only a small negative correlation between both traits was found. Thus, it should be possible to breed lines with high protein and high oil contents.*

Einleitung und Zielsetzung:

Züchtung ist der wesentliche Schlüssel zur Verbesserung von Kulturpflanzen. Es geht dabei um die Nutzung natürlicher Variation zwischen genetisch diversen Genotypen. Die wichtigsten Methoden sind sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Bereich immer noch die Kreuzung innerhalb einer Art und eine anschließende mehrstufige Selektion im Feld. Im Vordergrund stehen bei beiden Anbauformen Ertragshöhe und –stabilität, Resistenz gegen biotischen und abiotischen Stress, sowie Fragen der Qualität. Der Ökologische Landbau erfordert bei allen Kulturpflanzen spezielle Werteeigenschaften, die bisher kaum von der Züchtungsforschung und -praxis bearbeitet wurden. Dazu gehören etwa Beikrautkonkurrenzkraft, Resistenz gegen bestimmte Krankheitserreger, die nur schwer bekämpfbar sind (z.B. Mutterkorn, Stein- und Flugbrand) und die Stickstoff(N)-Effizienz. Ein besonderes Augenmerk muss im Ökologischen Landbau auf Qualität und Quantität einheimischer Eiweißlieferanten gelegt werden, wenn auf Importe aus dem Ausland verzichtet werden soll. Im Rahmen des Bundesprogrammes Ökologischer Landbau beschäftigen wir uns an der Landessaatzuchtanstalt mit drei Schlüsseleigenschaften, die beispielhaft Problemlösungen durch Pflanzenzüchtung aufzeigen: (1) Resistenz von Roggen gegen Mutterkorn (*Claviceps purpurea*), (2) Stickstoffeffizienz bei Triticale und (3) Proteingehalt bei Sonnenblumen.

¹ Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart,
E-mail: thiemt@isa.uni-hohenheim.de, miedaner@uni-hohenheim.de, vhahn@uni-hohenheim.de

Mutterkorn ist eine der bedeutendsten Ährenkrankheiten beim fremd befruchtenden Roggen. Der Mutterkornpilz bildet bei Befall zur Blüte anstelle der Körner schwarze Überdauerungsformen (Sklerotien), besonders wenn aufgrund von Sorteneigenschaften oder schlechter Witterung wenig Pollen zur Verfügung steht (ENGELKE, 2002). Nach der Befruchtung nimmt die Anfälligkeit für den Mutterkornpilz rasch wieder ab. Die Sklerotien enthalten eine Vielzahl von schädlichen Alkaloiden. Vom Gesetzgeber ist deshalb im Erntegut ein sehr niedriger Grenzwert von weniger als 0,05 Gewichtsprozent Mutterkorn für die menschliche und 0,1 Gewichtsprozent für die tierische Ernährung festgelegt worden (BETZ et al., 1998). Auch im ökologischen Anbau ist Mutterkorn ein Problem, da die Verbreitung des Pilzes durch die Schonung von Wildgräsern an Feldrändern und im Bestand, eine reduzierte Bestandesdichte und einen späten Saattermin gefördert wird. Außerdem ist es für selbstvermarktende Landwirte oder kleine Mühlen schwierig, die Sklerotien vollständig aus dem Erntegut zu entfernen.

Die niedrige N-Versorgung im Ökologischen Landbau kann als eines der Kernprobleme angesehen werden. Die Zufuhr von Stickstoff ist auf innerbetrieblich erzeugte organische Dünger beschränkt, die N-Verfügbarkeit kann je nach Standort und Betrieb sehr stark variieren. Dabei stellt Stickstoff einen der bedeutendsten ertragslimitierenden Faktoren dar und ist zudem ein essentieller Baustein für Proteine. Eine gezielte Züchtung von Triticalearten, welche den zur Verfügung stehenden Stickstoff effizienter nutzen, kann einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Produktivität des Ökologischen Landbaus leisten und die Proteinversorgung verbessern. Unter N-Effizienz wird im Folgenden die Fähigkeit eines Genotyps verstanden, bei geringem N-Angebot einen überdurchschnittlichen Kornertrag zu erzielen (SATTELMACHER et al., 1994).

Die Sonnenblume ist bereits heute die wichtigste Öl liefernde Pflanze im Ökologischen Landbau. Die bei der Ölgewinnung anfallenden Presskuchen sind ein wertvolles Tierfutter. Sonnenblumen könnten noch effizienter eingesetzt werden, wenn es gelänge, Sorten zu entwickeln, die bei gleich bleibend hohem Ölgehalt auch einen erhöhten Proteingehalt aufweisen.

Methoden:

Die drei genannten Merkmalskomplexe sind quantitativ vererbt. Sie sind stark von den jeweiligen Prüfungsbedingungen abhängig und unterliegen großen Umweltschwankungen. Deshalb arbeiten wir mit mehrjährigen Feldversuchen auf je zwei Ökologischen Betrieben. Der Anbau erfolgt in Parzellen in mehrmaliger Wiederholung. Zur Ermittlung der genetischen Variation für Mutterkornresistenz wurden 68 Roggenpopulationen, 250 Vollgeschwisterfamilien (VGF, 5 Populationen mit je 50 VGF), 64 Linien und 90 Testkreuzungen in Mikroparzellen künstlich mit Mutterkornsporen dreimalig zur Vollblüte infiziert. Die Parzellen waren durch den Anbau von Weizen schachbrettartig voneinander abgeschirmt. Die Ernte erfolgte zur späten Milchreife von Hand und es wurde der Gewichtsanteil an Sklerotien im Erntegut als Resistenzmerkmal bestimmt.

Aus züchterischer Sicht ist es wichtig, die Prüfung auf N-Effizienz auf möglichst divergenten N-Niveaus durchzuführen. Dazu werden an jedem Versuchsstandort zwei N-Stufen (gedüngt mit Hornmehl vs. ungedüngt) angelegt. Um das Ausmaß der genetischen Variation für N-Effizienz abzuschätzen, wurden 64 Triticale-Genotypen untersucht. Neben dem Kornertrag, als Maß für die N-Effizienz auf der jeweiligen N-Stufe, wurden weitere agronomische Merkmale im Feld erfasst. Untersuchungen von Qualitätsmerkmalen (Proteingehalt, Fallzahl) schließen sich an. Parallel dazu wurden Genotypen miteinander kombiniert, die sich bezüglich ihrer N-Effizienzeigenschaften

unterscheiden. Die Nachkommen dieser Kreuzungen werden 2006 erstmals im Feld geprüft.

Das Saatgut von 230 Sonnenblumenlinien unterschiedlichster Herkunft wurde mittels Nuklearmagnetischer Resonanz auf seinen Fettgehalt und mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie auf seinen Proteingehalt untersucht. Letztere Untersuchungen wurden an der FH Hannover, Fachbereich Bioverfahrenstechnik, durchgeführt. Es wurden 21 Linien mit unterschiedlichen Fett- und Proteingehalten ausgewählt und 2004 faktoriell miteinander gekreuzt. In den Jahren 2005 und 2006 werden auf drei ökologischen Betrieben die erstellten Testhybriden und die Elternlinien in Kleinparzellen auf ihren Samenertrag sowie den Fett- und Proteingehalt geprüft.

Ergebnisse und Diskussion:

Alle geprüften Roggenmaterialien unterschieden sich signifikant ($P < 0,01$) in ihrem Mutterkornbefall. Damit konnte erstmals an Züchtungspopulationen gezeigt werden, dass es sowohl innerhalb des selbstinkompatiblen (Populationen, VGF) als auch des selbstfertilen Genpools (Linien, Testkreuzungen) genetisch bedingte Mutterkornresistenz gibt. Da die Materialien jeweils getrennt unter maximaler Pollenschüttung (selbstinkompatibel) bzw. fehlender Pollenschüttung (selbstfertil) geprüft wurden, spiegeln diese Ergebnisse tatsächliche Resistenzunterschiede, unabhängig vom Pollenangebot, wider. Zwischen zugelassenen Populationssorten und genetischen Ressourcen war im Mittel kein Unterschied festzustellen (MIEDANER et al., 2003). Beispielhaft wurden fünf der geprüften 68 selbstinkompatiblen Populationen ausgewählt, um die Varianz für Mutterkornresistenz innerhalb der Populationen anhand von je 50 Nachkommen (Vollgeschwisterfamilien, VGF) zu bestimmen (Tab. 1).

Tab. 1: Mittelwerte und genotypische Spannweiten für den Anteil Mutterkorn im Erntegut (Gew-%) von fünf Populationen *per se* und ihrer Vollgeschwisterfamilien (N=50) bei Winterroggen 2003.

Bezeichnung	Herkunft	Population <i>per se</i>	Vollgeschwisterfamilien		
			Mittel	Spannweite	GD _{5%}
Halo	D, 1977	2,09	2,29	1,19 - 4,82	1,53
Dank. Selekcycjine	PL, 19.Jh.	2,48	2,63	1,16 - 7,57	2,06
NEM4	RUS, 2000	2,63	2,71	1,23 - 6,32	2,28
Kharkovskaja98	UKR, 1998	3,16	3,04	1,42 - 6,76	2,50
Carokurz	D, vor 1953	3,83	4,08	1,43 - 8,10	2,57

GD_{5%} = Grenzdifferenz bei $P < 0,05$.

D = Deutschland, RUS = Russland, PL = Polen, UKR = Ukraine, Zulassungsjahr.

Die Populationen unterschieden sich trotz ihrer diversen geographischen Herkunft und des unterschiedlichen Züchtungsstandes im Mittel nur wenig voneinander. Lediglich die alte deutsche Sorte Carokurz hatte einen signifikant höheren Befall als die anderen Populationen. Die Variation innerhalb der Population war für alle fünf Populationen hoch signifikant. In allen Populationen fanden sich einzelne Nachkommen, die deutlich resistenter als das Populationsmittel waren. Das Mittel der Eltern war kaum vom Mittel der jeweiligen Nachkommenschaften verschieden. Dies ist ein Hinweis auf die überwiegend additive Vererbung der Resistenz.

Die Prüfung auf N-Effizienz ergab, dass sich die geprüften Triticale-Genotypen auf beiden N-Stufen signifikant ($P < 0,01$) unterschieden. Die Korrelation zwischen den N-Stufen war für das Merkmal N-Effizienz mit $r = 0,66$ ($P < 0,01$) geringer als bei Untersuchungen unter konventionellen Anbaubedingungen ($r = 0,84$; $P < 0,01$) (OETTLER, 1996).

Die Proteingehalte der untersuchten Sonnenblumenlinien lagen im Mittel bei 22 % und schwankten zwischen 12 % und 34 %. Die Fettgehalte variierten zwischen 15 % und 57 % und der Mittelwert betrug 39 %. Die Korrelation zwischen Fett- und Proteingehalt war negativ ($r = -0,31$; $P < 0,01$) und liegt somit in Übereinstimmung mit Befunden von BEDOV (1985) und STANOJEVIC et al. (1992).

Schlussfolgerungen:

Die großen genotypischen Unterschiede bei der Mutterkorn-Resistenz des Roggens zeigen, dass Züchtung auf verbesserte Resistenz, unabhängig vom Pollenangebot der Sorten, möglich ist. In mehreren Versuchen hat sich die Sorte Halo durch Parzellenertrag, Standfestigkeit und eine besonders niedrige Mutterkornanfälligkeit als empfehlenswert erwiesen. Dies zeigt, dass Züchtung auf verbesserte Mutterkornresistenz auch in etabliertem Zuchtmaterial möglich ist, ohne dass auf schlecht adaptierte genetische Ressourcen zurückgegriffen werden muss. Derzeit wird diskutiert, die Mutterkornresistenz bei der Feststellung des landeskulturellen Wertes im Rahmen der Zulassung durch das Bundessortenamtes zu berücksichtigen.

Eine wichtige Voraussetzung für die züchterische Verbesserung der N-Effizienz bei Triticale, das Vorhandensein von genetischer Variation, ist gegeben. Es konnten signifikante genotypische Unterschiede für das Merkmal N-Effizienz festgestellt werden. Als nächsten Schritt gilt es zu prüfen, welche Zuchtstrategie für die Verbesserung der N-Effizienz am besten geeignet ist und wie den Besonderheiten des ökologischen Anbaus Rechnung getragen werden kann.

Die Ergebnisse der Sonnenblumenlinien lassen erkennen, dass eine große natürliche Variation für die Merkmale Protein- und Fettgehalt bei der Sonnenblume vorhanden ist. Die Leistungsprüfungsergebnisse der erstellten Kreuzungen werden zeigen, wie diese Variation am sinnvollsten züchterisch genutzt werden kann um Sonnenblumen zu entwickeln, die einen hohen Fettgehalt mit einem hohen Proteingehalt kombinieren, obwohl beide Merkmale negativ korreliert sind.

Literatur:

- Bedov S (1985) A study of combining ability for oil and protein contents in seed of different sunflower inbreds. In: Proceedings of the 11th International Sunflower Conference held in Mar del Plata, Argentina, March 1985. International Sunflower Association, Paris, France, pp 675-682
- Betz H G, Müller R, Wilde P, Wortmann H (1998) Mutterkorn vermeiden. AID 1361/1998, 16 p
- Engelke T (2002) Ansätze für eine integrierte Bekämpfung des Mutterkorns (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) im Roggen. Dissertation Universität Göttingen, 144 p
- Miedaner T, Fischer K, Merditaj V (2003) Resistenzzüchtung für den Ökologischen Landbau bei Getreide. LandInfo 4:47-50
- Oettler G (1996) Variation and covariation of agronomic traits and quality in triticale at low nitrogen input. Plant Breed 155:445-450
- Sattelmacher B, Horst W J, Becker H C (1994) Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency under four nitrogen rates. Z Pflanzenernähr Bodenk 157:215-224
- Stanojevic D, Nedeljkovic S, Jovanovic D (1992). Oil and protein concentration in seed of diverse high-protein inbred lines of sunflower. In: Proceedings of the 13th International Sunflower Conference held in Pisa, Italy, September 1992. International Sunflower Association, Paris, France, pp 1263-1268

Die drei vorgestellten Projekte werden durch das „Bundesprogramm Ökologischer Landbau“ des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) gefördert. Wir danken auch dem Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (MLR), Stuttgart, und der Lochow-Petkus GmbH, Bergen, für ihre zusätzliche Unterstützung und Mithilfe beim Mutterkornprojekt des Roggens.