

Priv.Do. Dr. T. Miedaner, K. Fischer, V. Merditaj, Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Stuttgart

Resistenzzüchtung für den Ökologischen Landbau bei Getreide

Ziel jeder pflanzenbaulichen Aktivität ist es, die maximal mögliche Leistung der Kulturpflanzen zu erzielen. Dazu müssen die Pflanzen über die gesamte Dauer ihres Vegetationszyklus gesund bleiben. Pflanzengesundheit ist im Ökologischen Landbau ein übergreifendes Konzept, das die Gesamtkonstitution der Pflanze einschließt. Sie wird bestimmt durch Standortfaktoren, ackerbauliche Maßnahmen, die Pflanzen- und Bestandsarchitektur, die Verabreichung von bestimmten Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln, die Förderung biologischer Gegenspieler und die genetisch bedingte Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten (Resistenz).

Im Ökologischen Getreidebau spielen generell Pflanzenkrankheiten eine geringere Rolle als in der konventionellen Landwirtschaft, weil die Fruchtfolgen weiter gestellt sind, die Bestandsdichte geringer ist, keine mineralische Stickstoffversorgung erfolgt, die Ertragsleistung niedriger ist. Fußkrankheiten, Braunrost oder Mehltau sind deshalb nur von untergeordneter Bedeutung. Selbst wenn sie epidemieartig auftreten, ist ihr Schaden geringer als in der konventionellen Landwirtschaft. Daneben gibt es Krankheiten, die in beiden Bewirtschaftungsformen eine ähnlich große Bedeutung besitzen, etwa Septoriosen (*Septoria tritici*, *Septoria nodorum*) bei Weizen, Ährenfusariosen bei Weizen und Triticale sowie Mutterkorn bei Roggen. Und schließlich hat der Ökologische Getreidebau spezielle Probleme, vor allem mit den sautgutbürtigen Brandkrankheiten, die in der konventionellen Landwirtschaft sicher durch chemische Beizung bekämpft werden.

Ährenfusariosen und Mykotoxine betreffen alle

Der Befallsdruck mit Ährenfusariosen sollte im Ökologischen Landbau tendenziell geringer sein, da i.d.R. keine Maisvorfrucht vorliegt, zur Unkrautbekämpfung eine wendende Bodenbearbeitung eingesetzt wird und die Fruchtfolge generell einen geringeren Getreideanteil enthält. Allerdings zählen die Ährenfusariosen zu den sautgutübertragenen Krankheiten, die im Ökologischen Landbau wegen der fehlenden chemischen Beizung besonders gefähr-

lich sind. Wenn feuchte Witterung zur Blüte herrscht und anfällige Sorten angebaut werden, kann es zu erheblichem Befall und natürlich auch zur Mykotoxinbildung im Erntegut kommen. Erste vergleichende Untersuchungen zeigen aber, dass der Median der Deoxynivalenol (DON)-Gehalte im Ökologischen Landbau nicht höher und tendenziell sogar geringer ist als im konventionellen Anbau. Andererseits kann der Ökologische Landbau in diesem Bereich von der konventionellen Züchtung und Züchtungsforschung profitieren, da die ausschließlich vorhandene quantitative Resistenz unabhängig vom Anbauverfahren zum Tragen kommt. Es ist aufgrund der komplexen Vererbung dieser Resistenz nicht mit einer schnellen Anpassung der Erreger zu rechnen.

Brandpilze bei Weizen sind ein Problem

In Deutschland kommen drei Brandpilze vor: Steinbrand oder Stinkbrand (*Tilletia caries*), Zwergsteinbrand (*Tilletia controversa*) und Flugbrand (*Ustilago tritici*). Am gefährlichsten ist der Steinbrand. Der bodenbürtige Zwergsteinbrand kann ebenfalls zu hohen Ertragsverlusten führen, tritt aber in Deutschland nur in Bayern und Baden-Württemberg auf. Bei Flugbrand liegen die Befallszahlen deutlich niedriger. Wenn das ZSaatzgut für den ökologischen Landbau ab 2004 (laut EG-Verordnung 2092/91) mindestens eine Generation unter ökologischen Bedingungen produziert werden soll, können Steinbrand und Flugbrand Schwierig-

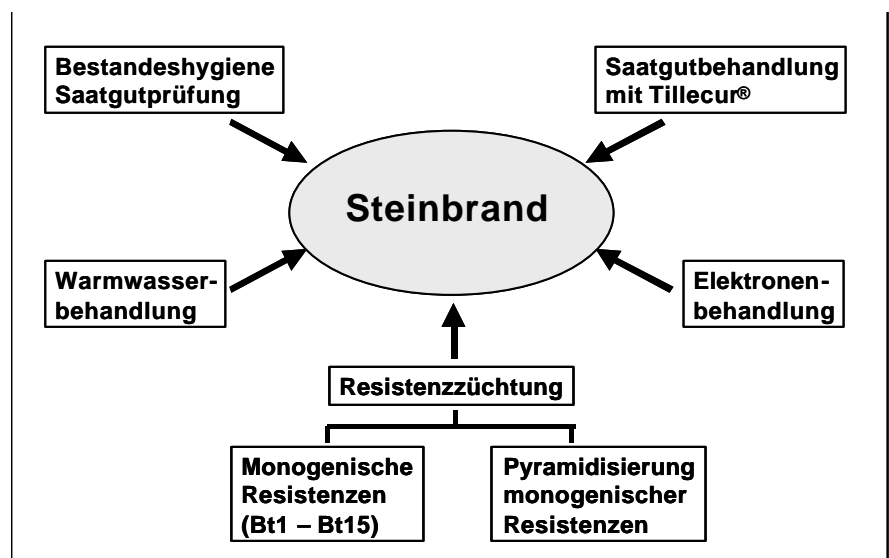


Abbildung 1: Es gibt vielfältige Bekämpfungsmöglichkeiten für Steinbrand im Ökologischen Pflanzenbau, deren Nutzung aber nicht ohne Probleme ist

keiten bereiten, denn bei beiden Arten erfolgt eine Übertragung durch infiziertes Saatgut. Die Grenzwerte für Basissaatgut und Z-Saatgut betragen für Steinbrand und Flugbrand 3 bzw. 5 Pflanzen/150 m², für Zwergsteinbrand 1 Pflanze/150 m². Darüber hinaus erfolgt eine Aberkennung des Vermehrungsbestandes. Um eine ausreichende Produktion von Saatgut für den Ökologischen Landbau sicherzustellen, muss deshalb etwas getan werden (Abb. 1).

Für Steinbrand sind derzeit fünfzehn monogenische Resistenzen (Bt1 - Bt15) beschrieben, die gezielt eingekreuzt werden können. Gegen alle Resistenzgene und viele Genkombinationen wurden schon virulente Steinbrandrassen gefunden, deren regionale Verteilung aber deutlich unterschiedlich ist. Am erfolgversprechendsten erscheinen derzeit laut Literatur die Gene Bt8 bis Bt12. Die praktische Durchführung der Resistenzprüfung ist aufgrund der einfachen Inokulationsmethoden unkompliziert, wenn auch langwierig. Generell wird eine Pyramidisierung von Bt-Genen, die in den jeweiligen Regionen noch wirksam sind, angestrebt. Dabei hofft man, durch die Einführung von mehreren Bt-Genen in eine Sorte die Dauerhaftigkeit der Resistenz zu steigern. Für Bt10 ist inzwischen ein DNA-Marker vorhanden, für weitere Bt-Gene wird zur Zeit nach Markern gesucht. Gegen Brandpilze gibt es derzeit im konventionellen Bereich keine Resistenzzüchtung.

Gegen Weizenflugbrand sind bisher nur fünf monogenische Resistenzen beschrieben, über deren Vorkommen im deutschen Sortenmaterial nichts bekannt ist. Relativ komplexe Resistenzmechanismen weisen allerdings darauf hin, dass auch quantitative Resistenzen auftreten. Diese haben den Vorteil, rasenspezifisch und dauerhafter zu wirken. Für Saatgutvermehrung und Züchter sind sie aufgrund der strengen Grenzwerte zur Saatguterkennung jedoch kaum geeignet, da die Wirkung im Gegensatz zu wirksamen monogenischen Resistenzen in der Regel nicht vollständig ist. Prüfungen auf Flugbrandresistenz benötigen viel Zeit. Die Inokulation durch Einspritzen einer Sporensuspension in einzelne Blüten ist aufwändig und es dauert eine weite-

re Vegetationsperiode, bis der Befall der Ähren sichtbar wird.

Zur Vermehrung anfälliger Sorten kann das Senf-Meerrettich-Präparat Tillecur® der Firma Schaette eingesetzt werden. Unter günstigen Bedingungen sind Wirkungsgrade zwischen 97 und 100% erreichbar. Allerdings ist eine aufwändige Rücktrocknung des Saatgutes notwendig. Des Weiteren kann das Saatgut mit niederenergetischen Elektronen behandelt werden (e®-ventus®), die ebenfalls hohe Wirkungsgrade gegen Steinbrand erzielen und gleichzeitig saattutbürtigen Fusarium- und Septoria-Befall bekämpfen. Gegen die Bestrahlung mit Elektronen bestehen aber seitens der Demeter-Landwirte Vorbehalte. Traditionell wird gegen Steinbrand die Warmwasserbehandlung eingesetzt, die durchschnittliche Wirkungsgrade von rund 70 % erreicht. Weitere Saatgutbehandlungsmethoden, wie die Anwendung von Heißluft und Mikrowellen, befinden sich in der Entwicklung. Gegen Flugbrand gibt es derzeit nur die Heißwasserbehandlung, die wegen der genauen Einhaltung der Temperatur und der Rücktrocknung des Saatgutes mit hohem Aufwand verbunden ist. Bei der Saatgutproduktion unter ökologischen Bedingungen sollte der Bestand routinemäßig auf das Vorhandensein von Brandähren kontrolliert (Bestandshygiene) und das produzierte Saatgut auf seinen Besatz mit Brandsporen im Labor untersucht werden (Abb. 1).

Da in Deutschland in jüngerer Zeit kaum Untersuchungen über Brandpilze durchgeführt wurden, ist der Forschungsbedarf groß. Für eine effiziente Resistenzzüchtung entscheidend wären dabei vor allem Kenntnisse über Virulenzspektrum und -dynamik des Stein- und Flugbrandregens in Mitteleuropa. Beides ist die Voraussetzung für eine gezielte Nutzung der monogenischen Resistenzen. Molekulare Marker würden die Züchtung deutlich erleichtern. Ob ein Einsatz in der öko-

logischen Pflanzenzüchtung möglich ist, wird momentan allerdings noch diskutiert. Für beide Brandpilze wären mehrortige Sortenprüfungen mit möglichst vielen unterschiedlichen Sporenerkünften aus der Zielregion erforderlich.



Eine alte Last – Mutterkorn bei Roggen

Roggen ist aus pflanzenbaulicher Sicht sehr gut für den Ökologischen Anbau geeignet (s. Kasten). Ein Problem ist allerdings der Befall des Roggens – und eventuell auch des Triticale – mit Mutterkorn. Der Mutterkornpilz (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) bildet anstelle der Körner schwarze Überdauerungsformen (Sklerotien, siehe Foto), die eine Vielzahl von schädlichen Alkaloiden enthalten. Schon seit dem frühen Mittelalter wird von verheeren-

Eignung von Roggen für den ökologischen Anbau

- ◆ Bereicherung der Fruchtfolge
- ◆ Frühsaatverträglichkeit
- ◆ Hohe Unkrautunterdrückung
- ◆ Hohe Stickstoff-Effizienz
- ◆ Gute Trocken- und Aluminiumtoleranz
- ◆ Geringe Anfälligkeit gegen viele Krankheiten
- ◆ Gute Backqualität, auch bei geringen Proteingehalten

den Epidemien berichtet, wenn es zur Roggenblüte feucht-kühl ist. Vom Gesetzgeber ist deshalb im Erntegut ein sehr niedriger Grenzwert von weniger als 0,05 Gewichtsprozent Mutterkorn festgelegt. Der Pilz kann viele Gräser und alle Getreidearten infizieren, die fremdbefruchtenden Arten, wie Roggen, Knaulgras, Glatthafer, Deutsches Weidelgras, sind jedoch besonders stark betroffen, weil sie zur Bestäubung die Blüte weit öffnen müssen. Wenn dann durch feuchte Witterung die Pollenmenge gering und die Pollenflugeigenschaft schlecht ist, kommt es verstärkt zu Befall. Nach der Befruchtung nimmt die Anfälligkeit für den Mutterkornpilz rasch wieder ab. 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. Insbesondere Nachschosser, die außerhalb der allgemeinen Blühzeit blühen und deshalb nur wenig Pollen erhalten, werden besonders stark von Mutterkorn befallen. Außerdem ist es für selbstvermarktende Landwirte oder kleinere Genossenschaften sehr schwierig, die entstehenden Sklerotien vollständig aus dem Erntegut zu entfernen. Wenn Roggen als betriebseigenes Kraftfutter verwendet wird, führt die Toxizität der Sklerotien zu einer verringerten Futterraufnahme und schlechteren Gesundheit der Tiere. Bei der Saatgutvermehrung führt 1 Bruchstück/500 g (Basissaatgut) bzw. 3-4 Bruchstücke/500 g (Z-Saatgut) bereits zur Aberkennung der Partie.

Wir untersuchten zugelassene Triticale- und Populationsroggensorten sowie Genetische Ressourcen von Roggen auf Resistenzträger unter Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Im Jahr 2002 wurden 72 Roggen- und 42 Triticalesorten an zwei Standorten (Kleinhohenheim/Stuttgart, Hohnau bei Kehl/Rh.) auf einem Demeter- bzw. Bioland-Betrieb auf Mutterkornresistenz geprüft (Tab. 1).

Der Versuch wurde mit einem aggressiven Isolatgemisch des Pilzes mehrfach zur Blüte inokuliert, um einen starken Befall, wie er sonst bei ungünstigen Witterungsbedingungen vorkommt, zu simulieren. An beiden Q-

Tabelle 1: Mittelwerte und Signifikanzen der genotypischen Variation für die Merkmale Prozentualer Anteil befallene Ähren (PBÄ) und Mutterkornanteil in Prozent des Gesamterntegutes (PMK) an zwei Orten, N= Anzahl der Prüfglieder

Prüfglieder	N	Klein-Hohenheim		Hohnau	
		PBÄ	PMK	PBÄ	PMK
Roggen		----- % -----		----- % -----	
Populationssorten	15	6,34 **	0,83 **	10,03 **	0,74 **
Genetische Ressourcen	55	5,41 **	0,78 **	8,44 **	0,70 **
Hybridsorten	2	17,58	1,67	45,30	2,58
Triticale					
Zugelassene Sorten	18	0,23	0,08	1,25	0,12
Alte/ EU-Sorten	11	0,20	0,15	0,98	0,10
Zuchtstämme	7	0,21	0,06	0,71	0,10

** Signifikante genotypische Varianz bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1%.

ten konnte ein ausreichend hoher Infektionserfolg erzielt werden. Zwischen den Populationsroggensorten bestehen signifikante genotypische Unterschiede. Der Mutterkorngehalt im Erntegut schwankte hier zwischen 0,4 und 1,5%. Dieser Unterschied zeigt, dass die Züchtung auf verbesserte Mutterkornresistenz möglich und aussichtsreich ist. Die beiden Hybridsorten unterschieden sich nicht voneinander und waren deutlich anfälliger. Zwischen den zugelassenen Populationsorten und den genetischen Ressourcen beim Roggen war im Mittel kein Unterschied festzustellen. Die beste Sorte war die ältere Sorte Halo (Tab. 2). Die am weitesten verbreitete Sorte Nikita lag im Mittelfeld, Cilion und Canovus waren besonders anfällig. Damit kann bereits heute durch die richtige Sortenwahl der Mutterkornbefall von Roggen deutlich vermindert werden. Bei Triticale fiel der Mutterkornbefall trotz künstlicher Infektion sehr gering aus (Tab. 1), es fanden sich deshalb keine Unterschiede zwischen den Sorten und Stämmen.

Fazit

Auch im Ökologischen Landbau gibt es Forschungsbedarf für Resistenzzüchtung, die Schwerpunkte sind aber teilweise andere als im konventionellen Bereich. Bei Ährenfusariosen kann der Ökologische Landbau die vielfältigen

Tabelle 2:

Mutterkornanteil im Erntegut von Populationsroggensorten nach künstlicher Infektion, gemittelt über zwei Orte mit Ökologischem Pflanzenbau

Sorte	Mutterkornanteil im Erntegut (%)
Halo	0,38
Boresto	0,41
Walet	0,46
Danko	0,53
Born	0,62
Amilo	0,63
Warko	0,68
Motto	0,69
Plato	0,71
Borellus	0,83
Nikita	0,83
Hacada	1,06
Matador	1,18
Cilion	1,26
Canovus	1,54
Mittel	0,78
Grenzdifferenz (GD 5%)	0,37

Bestrebungen der konventionellen Züchter nutzen, in dem er die Resistenz bei der Sortenwahl berücksichtigt. Bereits mittelanfällige Sorten könnten hier einen ausreichenden Schutz bieten.

Bei Mutterkorn ist dringender Handlungsbedarf bei Roggen geboten, da hier mit Kulturmaßnahmen wenig Fortschritte zu erzielen sind. Die genetischen Unterschiede lassen gute Selektionsmöglichkeiten erwarten. Bei Triticale scheint aufgrund der bisherigen Ergebnisse wegen des geringen Befalls keine Züchtung erforderlich zu sein.

Anders sieht es bei den Brandkrankheiten des Weizens aus. Wenn die Saatgutproduktion ganz oder teilweise unter ökologischen Bedingungen stattfinden soll, kann es zunehmend zu Problemen kommen, brandfreies Z-Saatgut zu produzieren. Dies zeigen die Erfahrungen aus Osteuropa, wo aus wirtschaftlichen Gründen kaum noch gebeizt wird und die Brandpilze als Schadensursache rasch wieder oberste Priorität erlangt haben.

Hinweis

Folgende Literaturstudie ist in begrenzter Stückzahl beim Erstautor erhältlich:

Fischer, K., Schön, C.C., Miedaner, T. Chancen der Resistenzzüchtung gegen Brandpilze bei Weizen für den Ökologischen Pflanzenbau. Hohenheim, 2002, 73 Seiten.