



Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand

Forschungsprojekt Nr. Projektnummer: 100898
COBRA-Austria

Der österreichische Projektteil wird im Rahmen des europäischen ERA-Net-Projekts Core Organic II vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziell gefördert.

Univ. Prof. Hermann Bürstmayr & Mag. Almuth Müllner

Universität für Bodenkultur Wien
Department IFA Tulln
Biotechnologie in der Pflanzenproduktion
Konrad Lorenz Straße 20
A-3430 Tulln
Telefon: 0043 2272 66280 201
Email: hermann.buerstmayr@boku.ac.at
Web: <http://www.ifa-tulln.boku.ac.at/615.html>

Tulln, November 2013

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG.....	3
BESCHREIBUNG PROJEKT	4
Gesamtprojekt COBRA.....	4
Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“	5
TÄTIGKEITSBERICHT 2013.....	5
I. Überblick über bisherige Tätigkeiten	5
II. Tätigkeiten 2013.....	7
1. Versuchsjahr 2013	7
1.1. Standorte 2013	7
1.2. Ergebnisse 2013.....	8
2. Planung Versuchsjahr 2014	12
Zwergsteinbrandversuche 2014 Österreich.....	12
Steinbrandversuche 2014 Österreich	14
Versuche Zwergsteinbrand / Steinbrand 2014 Ausland.....	15
3. Weitere Aktivitäten 2013	15
III. Ausblick Tätigkeiten 2014	16
ZUSAMMENFASSUNG	16
Anhang.....	18
Literatur	20

Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1 Überblick Kreuzungen seit 2006.....	6
Tabelle 2 Überblick Kartierungspopulationen 2013.....	7
Tabelle 3 Übersicht Standorte & Versuchsaufbau Zwergsteinbrand 2013	8
Tabelle 6 Übersicht Kartierungspopulationen Zwergsteinbrand 2014 Österreich.....	13
Tabelle 7 Übersicht Standorte & Versuchsaufbau Zwergsteinbrand 2014 Österreich...	13
Tabelle 9 Übersicht Kartierungspopulationen Steinbrand 2014 Österreich	14
Tabelle 10 Übersicht Standort & Versuchsaufbau Steinbrand 2014 Österreich	14
Tabelle 12 Übersicht Versuchsstandorte 2014 Ausland.....	15

EINLEITUNG

Entsprechend ökologischer Richtlinien (EU Bio Verordnungen 834/2007 und 889/2008) darf Saatgut im Biolandbau nicht gebeizt werden. Deswegen sind Sorten, welche Resistenzen gegenüber samen- und bodenbürtigen Krankheiten wie gewöhnlichem Steinbrand (verursacht durch *Tilletia laevis* und *Tilletia tritici*) und Zwergsteinbrand (verursacht durch *Tilletia controversa*) aufweisen, von besonderem Interesse. Besonders Zwergsteinbrand stellt eine Herausforderung für den Biolandbau dar, da er - anders als der gewöhnliche Steinbrand - bodenbürtig ist und somit nicht mittels Saatguthygiene bekämpft werden kann. Wegen fehlender pflanzenbaulicher Bekämpfungsmöglichkeiten bleibt auf verseuchten Bio Flächen oftmals einzig die Option auf Winterweizen Anbau ganz zu verzichten. Der Frage der Sortenresistenz in Winterweizen gegenüber Zwergsteinbrand kommt daher eine ganz besondere Bedeutung zu.

Phänotypisch wurden 15 Differentialsorten identifiziert, welche jeweils eines der Gene Bt1-Bt15 tragen, die rassenspezifisch Resistenz gegenüber Steinbrand und Zwergsteinbrand vermitteln^{1,2}. Die Genetik der Resistenz ist wenig erforscht: Nur einzelne Bt Gene konnten bis *dato* spezifischen Chromosomen zugeordnet werden^{2,3} und einzig für Bt10 wurden molekulare Marker entwickelt⁴. Weiters konnten in den kanadischen Weizensorten AC Domain⁵ und Blizzard³ Loci auf Chromosom 1BS identifiziert werden, welche quantitative Resistenz gegenüber gewöhnlichem Steinbrand zu vermitteln scheinen. Nur einige der Bt Gene sind in Österreich wirksam und vorläufige Daten weisen darauf hin, dass Bt10 bei uns zwar gegen gewöhnlichen Steinbrand wirksam ist, nicht jedoch gegen Zwergsteinbrand⁶.

Züchtungsbemühungen betreffend Steinbrand und Zwergsteinbrand Resistenz sind mit dem Aufkommen von wirkungsvollen Beizmitteln in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts in den Kinderschuhen steckengeblieben. Die Resistenzzüchtung für beide Krankheiten wäre sehr aufwändig und zusätzliche Kosten und Aufwände können von den Züchtern in der Regel nicht gerechtfertigt werden. Im Gegensatz zur phänotypischen Selektion am Feld könnte die Selektion mittels molekularer Marker relativ einfach in ein Zuchtprogramm integriert werden, und geeignetes Zuchtmaterial könnte rasch und günstig bereits in frühen Generationen identifiziert werden. Voraussetzung für die Anwendung molekularer Markertechnologie in der Sortenentwicklung ist jedoch erst einmal die Entwicklung von verlässlichen Markern und diese benötigt einen beträchtlichen wissenschaftlichen und finanziellen Aufwand.

Das Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ hat zum Ziel, Abschnitte im Weizengenom, welche Resistenz gegen Zwergsteinbrand vermitteln, zu kartieren und molekulare Marker für diese zu entwickeln. Molekulare Marker werden die Selektion von regional angepassten Sorten mit optimaler Zwergsteinbrand Resistenz ermöglichen. Solche Sorten sind für den biologischen Weizenanbau in mittleren und höheren Lagen Österreichs (Alpenvorland, Mühl- und Waldviertel) dringend erforderlich.

BESCHREIBUNG PROJEKT

Das Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ wird im Rahmen des Core-Organic II-Call 2011 (ERA-NET) Projektes COBRA (Coordinating organic plant breeding activities for diversity, Koordination Dr. Robbie Girling am Organic Research Centre (Elm Farm), UK) realisiert. Für das Gesamtprojekt COBRA wird gegenwärtig eine Website eingerichtet, welche nähere Informationen zu den Zielen, der Struktur, den einzelnen Arbeitspaketen und zu allen Projektpartnern enthält. Ein gemeinsames Logo für das Gesamtprojekt wurde bereits entwickelt.

Gesamtprojekt COBRA

Die Pflanzenproduktion nach ökologischen Richtlinien stellt eine Herausforderung für unsere Landwirte dar, welche unter diesen Produktionsbedingungen ganz besonders auf geeignete Sorten angewiesen sind: Sorten für den Biolandbau müssen nebst Stabilität unter variablen Umweltbedingungen und Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern auch sehr gute Resistenzen gegenüber Krankheitserregern aufweisen. Derartige Sorten zu entwickeln ist die Aufgabe der ökologischen Pflanzenzüchtung.

COBRA hat zum Ziel innerhalb der ökologischen Pflanzenzüchtung und Saatgutproduktion vermehrt von Pflanzenmaterial mit hoher genetischer Diversität Gebrauch zu machen und diese noch weiter zu steigern; außerdem werden unterschiedlichste Pflanzenzüchtungszugänge evaluiert, um effiziente Wege der Sortenentwicklung für den ökologischen Landbau zu identifizieren. Dies soll durch gezielte Koordination, Vernetzung und Erweiterung von bereits existierenden Züchtungs- und Forschungsprojekten stattfinden.

COBRA unterteilt sich in 5 große Arbeitspakete (Workpackages WP 1-5)⁷. Der österreichische Projektteil „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ ist Teil von WP1, Task 1.2. des Projektes COBRA:

“This Task will exploit, link and expand existing screening and breeding programs of the partners in the consortium to increase the efficiency of breeding for resistance to SBD. It will focus on common and dwarf bunt in wheat, as well as Fusarium, Ustilago, and Pyrenophora graminea in barley.”

Insbesondere hat das Projekt die Bewerkstelligung von Sub-Task 1.2.1 und 1.2.3 zur Aufgabe:

Sub-Task 1.2.1 *„will coordinate resistance breeding activities by holding 2 stakeholder workshops (M6 and M30) and by creating European database on SBD in wheat, barley and grain legumes.”*

Sub-Task 1.2.3 *“will further develop genetic markers for resistance to common bunt and dwarf bunt, evaluate genotypes and develop SMART breeding tools for efficient and durable resistance to dwarf and common bunt in winter wheat, complementing ongoing work in BioBreed. Using closely linked DNA markers identified in COBRA, marker assisted breeding will become feasible to introgress the highly relevant trait dwarf bunt resistance into high quality and agronomically well adapted cultivars in relatively short time and at comparatively low cost.”*

Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“

Das Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ soll einen Beitrag zur Verminderung der jährlich durch Zwergsteinbrand verursachten Schäden für Österreichs Landwirtschaft leisten, und zwar durch:

1. Erschliessung von neuen wirksamen Zwergsteinbrand Resistenzquellen;
2. Kartierung von Lage und Wirkung von Zwergsteinbrand Resistenz Genen in hochresistenten Weizenlandsorten;
3. Entwicklung von molekularen Markern für die Anwendung in der Züchtung;
4. Bereitstellung von Zuchtlinien an die praktischen Weizenzüchter als Kreuzungseltern für die Sortenzüchtung.

Der Schwerpunkt des vorliegenden Projektes liegt auf der Kartierung von Zwergsteinbrand Resistenz Genen und der Entwicklung von molekularen Markern, um in der praktischen Züchtung frühes Zuchtmaterial auf Zwergsteinbrand Resistenz hin testen zu können. Molekulare Marker für Zwergsteinbrand Resistenz werden die effiziente Selektion von regional angepassten und Zwergsteinbrand resistenten Sorten mit ermöglichen. Solche Sorten sind für den biologischen Weizenanbau in mittleren und höheren Lagen Österreichs (Alpenvorland, Mühl- und Waldviertel) dringend erforderlich.

Zu diesem Zweck werden mehrere Kartierungspopulationen, welche auf Kreuzungen zwischen resistenten Landsorten mit anfälligen heimischen Winterweizensorten basieren, in mehrjährigen Feldversuchen auf Zwergsteinbrand Befall überprüft. Für aussichtsreiche Kartierungspopulationen werden dieselben Kreuzungsnachkommen mittels molekularer Marker genotypisiert werden. Die gemeinsame Auswertung der Daten der Resistenzprüfungen und der Marker Ergebnisse wird die Bestimmung jener Genomabschnitte erlauben, welche für die Resistenz gegenüber Zwergsteinbrand verantwortlich sind.

TÄTIGKEITSBERICHT 2013

Im Folgenden wird ein Überblick über bisherige Tätigkeiten, eine ausführliche Beschreibung der Tätigkeiten 2013 und ein Ausblick auf die Tätigkeiten 2014 für das Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ gegeben.

I. Überblick über bisherige Tätigkeiten

Am Institut für Biotechnologie in der Pflanzenproduktion an der BOKU / IFA Tulln wurden in den vergangenen Jahren in enger Zusammenarbeit mit Dr. Herbert Huss vom Institut für Biologische Landwirtschaft LFZ Raumberg-Gumpenstein (Versuchsstation Lambach Stadl-Paura) Versuche zur Charakterisierung der Zwergsteinbrand Resistenz in Winterweizen durchgeführt. Einige hoch resistente Winterweizen Linien, vorwiegend alte Landsorten, konnten identifiziert werden.

Seit 2006 wurden mehrere Kartierungspopulationen erstellt, welche auf Kreuzungen

zwischen resistenten Landsorten und anfälligen heimischen Sorten basieren. Die Kreuzungsnachkommenschaften wurden über Einkorn-Ramsche weitergeführt. Nun stehen für unser Projekt mehrere 100 weitgehend homozygote F5-Linien, sogenannte „Recombinant Inbred Lines“ (RILs) in ausreichender Saatgutmenge zur Verfügung. In den letzten Jahren wurden noch zusätzliche Kreuzungen durchgeführt, um bei Bedarf interessante Kartierungspopulationen „vergrößern“ zu können. Diese Populationen werden in den nächsten Jahren auf Zwergsteinbrandresistenz getestet und *bei entsprechender Differenzierung des Merkmals* innerhalb der Population auch mit molekularen Markern genotypisiert werden.

Insgesamt stehen uns 23 Kartierungspopulationen zur Verfügung, welche auf Kreuzungen zwischen 10 resistenten Linien und 5 anfälligen Sorten basieren. Von 11 der 23 Kartierungspopulationen gibt es bereits ausreichend homozygoten Material, so dass Linien dieser Populationen für die Versuche 2013 und 2014 verwendet werden konnten. Die übrigen Populationen können - bei Bedarf - ab 2015 in unsere Versuche integriert werden.

Year	Cross	Cross_Name	R_Source	Population
2006	P101	Bonneville/Rainer	Bonneville	1
2006	P102	PI560795-2/Rainer	PI560795-2	2
2006	P103	M822123_Bt11/Rainer	M822123_Bt11	3
2006	P104	PI560841-bcl/Midas	PI560841-bcl	4
2006	P105	PI560841-bcl/Rainer	PI560841-bcl	5
2006	P106	PI119333_Bt12/Rainer	PI119333_Bt12	6
2006	P107	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7
2006	P108	7021102C/Rainer	7021102C	8
2006	P109	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7
2006	P110	PI178383/Rainer	PI178383	9
2006	P111	PI178383/Midas	PI178383	10
2006	P112	PI560795-1/Tommi	PI560795-1	11
2009	P113	Midas/RainerxBlizzard	Blizzard	12
2009	P114	Midas/Bonneville	Bonneville	13
2009	P115	Pannonikus/PI119333_Bt12	PI119333_Bt12	14
2009	P116	Blizzard/Rainer	Blizzard	15
2009	P117	GoldenSpike/Midas	GoldenSpike	16
2009	P118	GoldenSpike/Pannonikus	GoldenSpike	17
2009	P119	Bonneville/Rainer	Bonneville	1
2009	P120	Rainer/GoldenSpike	GoldenSpike	18
2009	P121	Rainer/Blizzard	Blizzard	15
2009	P122	Rainer/Bonneville	Bonneville	1
2009	P123	Rainer/MidasxBonneville	Bonneville	19
2009	P124	PI560795/Pannonikus	PI560795	20
2009	P125	PI560795-2/Mulan	PI560795-2	21
2009	P126	PI560795-1/Tommi	PI560795-1	11
2009	P127	20568.1.2/RainerxBonneville	Bonneville	22
2009	P128	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7
2009	P129	PI119333_Bt12/Midas	PI119333_Bt12	23
2009	P130	7021102C/Rainer	7021102C	8
2009	P131	PI178383/Rainer	PI178383	9
2009	P132	PI560841-bcl/Rainer	PI560841-bcl	5
2009	P133	PI560841-bcl/Midas	PI560841-bcl	4

Tabelle 1 Überblick Kreuzungen seit 2006

II. Tätigkeiten 2013

Im Jahr 2013 wurden insgesamt 8 Kartierungspopulationen in Feldversuchen auf Zwergsteinbrandresistenz getestet. Bei diesen 8 Kartierungspopulationen handelte es sich um 7 weitgehend homozygote RIL Populationen und eine vollständig homozygote Doppelhaploiden Population aus Kanada, welche an anderer Stelle bereits auf Steinbrand Resistenz getestet wurde³. Außerdem wurde ein Vergleichssortiment, welches unterschiedlichste interessante Sorten enthielt, angebaut. Die Zwergsteinbrandversuche 2013 wurden an 2 Orten durchgeführt, in Tulln (NÖ, BOKU / IFA Tulln) und Lambach (OÖ, LFZ Raumberg-Gumpenstein / Versuchsstation Lambach Stadl-Paura).

Cross	Cross_Name	R_Source	Population	Tulln (NÖ)	Lambach (OÖ)	n=
P101	Bonneville/Rainer	Bonneville	1			
P102	PI560795-2/Rainer	PI560795-2	2	X		92
P103	M822123_Bt11/Rainer	M822123_Bt11	3	X	X	94
P104	PI560841-bc/Midas	PI560841-bcI	4			
P105	PI560841-bc/Rainer	PI560841-bcI	5			
P106	PI119333_Bt12/Rainer	PI119333_Bt12	6	X		82
P107	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7	X		19
P108	7021102C/Rainer	7021102C	8			
P109	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7	X		27
P110	PI178383/Rainer	PI178383	9	X		6
P111	PI178383/Midas	PI178383	10	X		71
P112	PI560795-1/Tommi	PI560795-1	11	X	X	77
DH	Blizzard/8405-JC3C	Blizzard	A	X	X	94

Tabelle 2 Überblick Kartierungspopulationen 2013

1. Versuchsjahr 2013

1.1. Standorte 2013

An beiden Standorten Tulln (NÖ) und Lambach (OÖ) erfolgte eine künstliche Infektion des Winterweizens mit Zwergsteinbrandsporen. Zu diesem Zweck wurden im Herbst 2012 Zwergsteinbrandsporen (Herkunft Lambach 2012) in einer Konzentration von 0.5 g/m² ausgebracht, und die Versuche anschließend mit Gartenvlies abgedeckt, um möglichst günstige Infektionsbedingungen zu schaffen. Das Vlies wurde im Frühjahr 2013 abgenommen, und die Beurteilung des Zwergsteinbrand Befalls (% befallene Ähren je Linie) erfolgte im Sommer 2013. Die Versuche sollten zeigen, welche der Populationen breite Differenzierung im Zwergsteinbrandbefall aufweisen.

Am Standort Tulln (NÖ) war der Befall minimal, sodass der Versuch leider nicht ausgewertet werden konnte; am Standort Lambach (OÖ) konnte der Versuch ausgewertet werden (siehe Abschnitt 1.2. Ergebnisse 2013). Am Standort Lambach (OÖ) wurde auch ausreichend Sporenmaterial für die Inokulation der Versuche im Jahr 2014 gesammelt (insgesamt 1.6 kg).

Da es anders als bei gewöhnlichem Steinbrand relativ anspruchsvoll ist, künstlich einen starken Zwergsteinbrand Befall zu induzieren, ist das Versuchsjahr 2013 als „Pilotversuch“ anzusehen, um in den Jahren 2014-2016 die Versuche in dieser Hinsicht optimieren zu können. Weiters werden wir im Jahr 2014 so viele Populationen wie

möglich anbauen, um die Chancen zu erhöhen, mindestens 2 Populationen identifizieren zu können, in denen das Merkmal breit differenziert. Eine solche breite Differenzierung ist notwendig, um in Folge die relevanten Abschnitte für Zwergsteinbrandresistenz im Weizengenom mittels molekularer Marker identifizieren zu können.

Standort	TULLN (NÖ)	LAMBACH (OÖ)
Aussaat	9.11.2012	19.10.2012
Saatstärke	180 kg/ha	180 kg/ha
Inokulation ZSB	15.12.2012	31.10.2012
ZSB Konzentration	0.5 g/m ²	0.5 g/m ²
Methode Inokulation	Rückenspritze	Gartengießkanne
Abdeckung Vlies	12/2012 bis 3/2013	11/2012 bis 4/2013
Pflege Bestand	Konventionell	Biologisch
Anzahl Parzellen	630x2	298x3
Größe Parzellen	0.5 m ²	1 m ²
Anzahl Populationen	8	3
Anzahl Linien je Population	6-94	73-94
Versuchsaufbau	RCBD, 2 Blöcke	CBD, 3 Blöcke

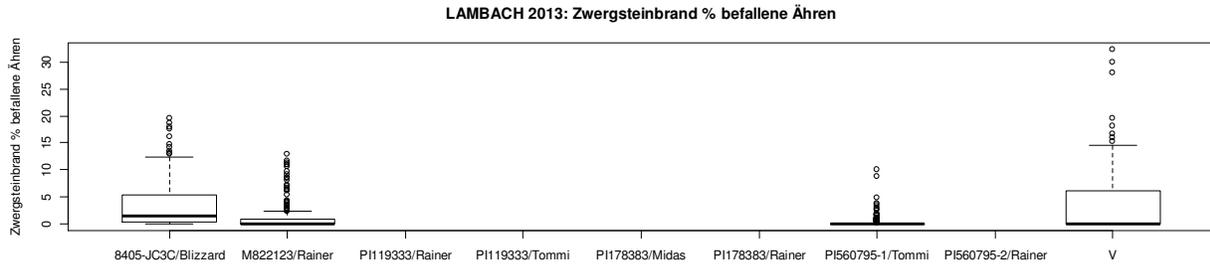
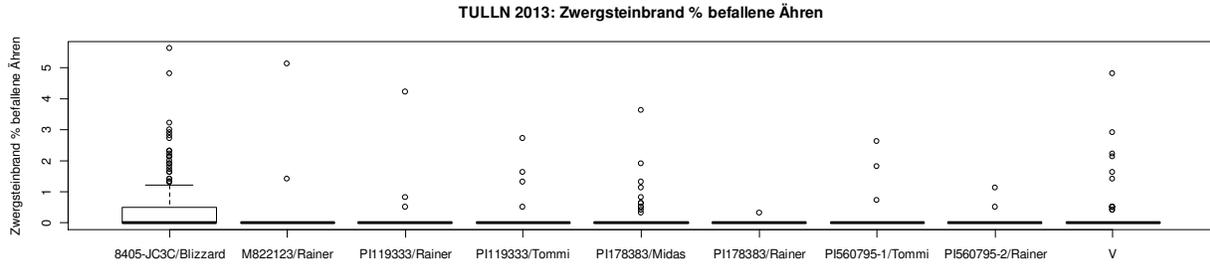
Tabelle 3 Übersicht Standorte & Versuchsaufbau Zwergsteinbrand 2013

1.2. Ergebnisse 2013

Neben Zwergsteinbrandbefall wurden in Tulln (NÖ) und Lambach (OÖ) auch eine Reihe anderer Merkmale bonitiert. Im Folgenden werden Zwergsteinbrandbefall und eine Auswahl der wichtigsten Merkmale überblicksmässig mit Boxplots dargestellt; ANOVA und LSD t Tests wurden angewandt um Unterschiede zwischen den Populationen festzustellen (für Tabellen siehe Anhang 1). Die Daten geben erste Hinweise; für aussagekräftige Ergebnisse müssen die Versuche jedoch über mehrere Jahre hinweg durchgeführt und ausgewertet werden.

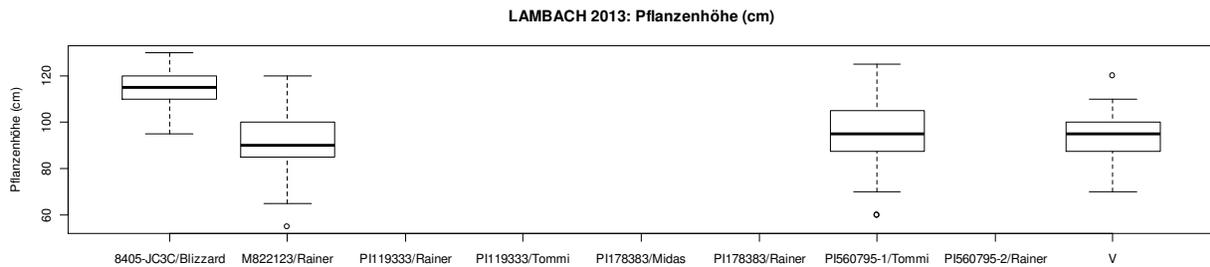
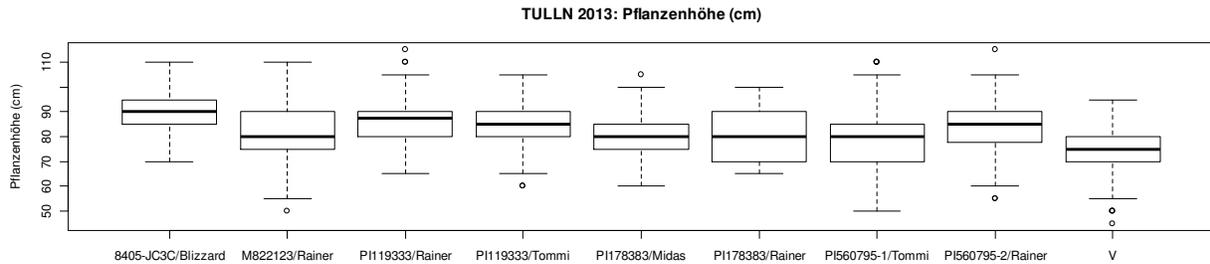
1. Zwergsteinbrandbefall

In Tulln (NÖ) war die künstliche Infektion mit Zwergsteinbrand nicht erfolgreich, der Befall war zu gering, um den Versuch auswerten zu können. In Lambach (NÖ) waren signifikante Unterschiede zwischen den 3 Kartierungspopulationen und der Vergleichspopulation zu beobachten. Von den Kartierungspopulationen wies die DH Population Blizzard/8405-JC3C einen höheren Befall und eine breitere Differenzierung als die 2 RIL Populationen M822123/Rainer und PI560795-2/Tommi auch. Insgesamt war jedoch auch an diesem Standort der durchschnittliche Befall relativ gering.



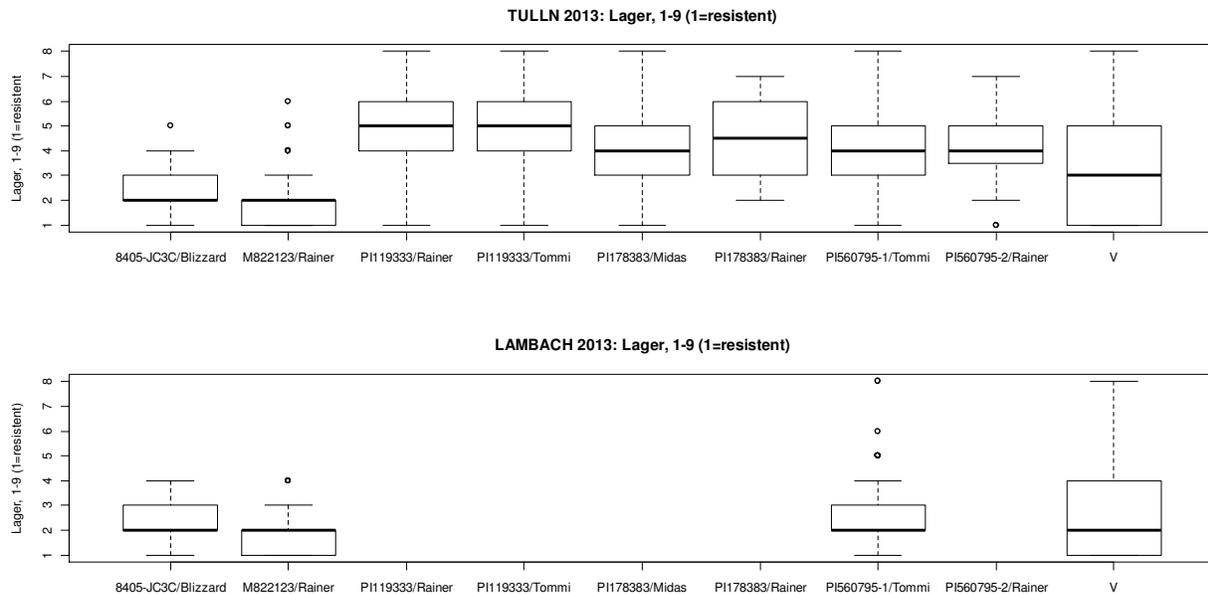
2. Pflanzenhöhe

Zwischen den unterschiedlichen Kartierungspopulationen konnten Unterschiede die Pflanzenhöhe betreffend beobachtet werden. Der Einfluss des Standortes auf die Pflanzenhöhe ist klar erkennbar (siehe z.B. DH Population Blizzard/8405-JC3C Tulln vs. Lambach). Die DH Population Blizzard/8405-JC3C wies die höchste, die RIL Population PI560795-1/Tommi die geringste Pflanzenhöhe auf.



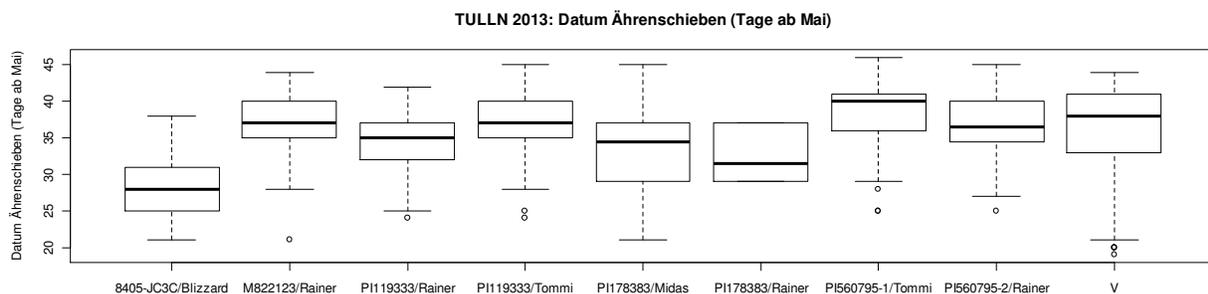
3. Lageranfälligkeit

Zwischen den unterschiedlichen Kartierungspopulationen konnten signifikante Unterschiede die Lageranfälligkeit betreffend beobachtet werden. Die DH Population Blizzard/8405-JC3C (trotz ihrer großen durchschnittlichen Pflanzenhöhe) und M822123/Rainer waren standfester als die restlichen Populationen. Allerdings sind auch hier wieder deutliche Unterschiede zwischen den Standorten ersichtlich (siehe z.B. PI560795-1/Tommi Tulln vs. Lambach).



4. Datum Ährenschieben

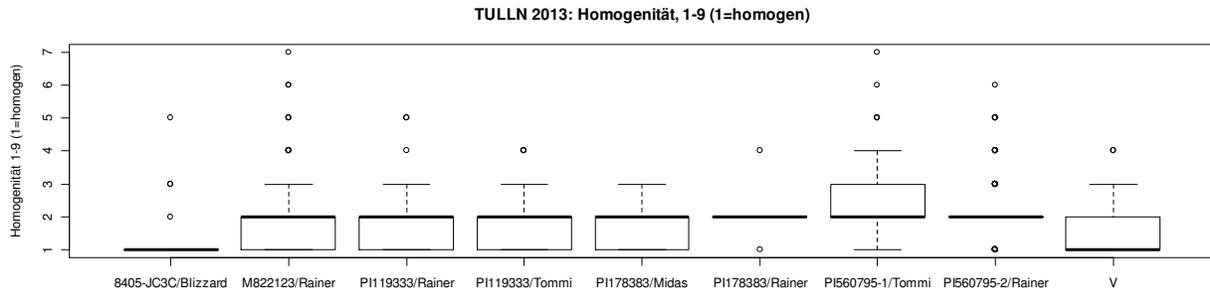
Was das Datum Ährenschieben betrifft, konnten deutliche Unterschiede zwischen den Populationen festgestellt werden: die DH Population Blizzard/8405-JC3C war die am signifikant früheste, während die RIL Population PI560795-1/Tommi die späteste war.



5. Homogenität

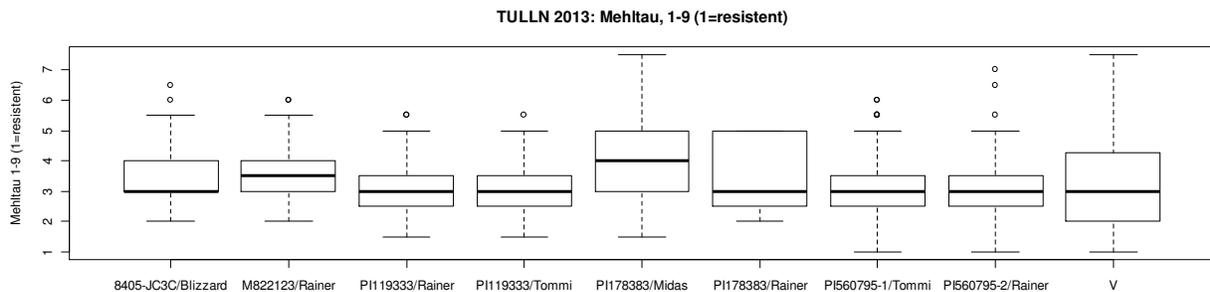
Die DH Population Blizzard/8405-JC3C war – wie zu erwarten – homogener im Erscheinungsbild als die RIL Populationen. Zwischen den RIL Populationen waren nur

geringe Unterschiede feststellbar, alle sind weitgehend homogen. Einzelne Linien sind noch inhomogen, wie an den Ausreißern klar zu erkennen war und sollten für die nächsten Jahre aus den Versuchen ausgeschlossen werden. PI560795-1/Tommi war die inhomogenste Population.



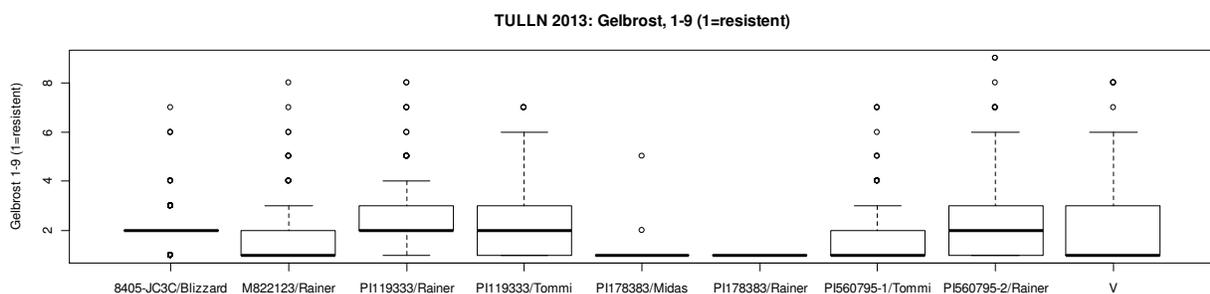
6. Mehltau

Alle Populationen wiesen relativ starken Mehltaubefall auf; das Spektrum innerhalb der Populationen schwankte, zwischen den Populationen waren allerdings nur geringe Unterschiede erkennbar. Die Population PI178383/Midas wies den höchsten Mehltaubefall auf.



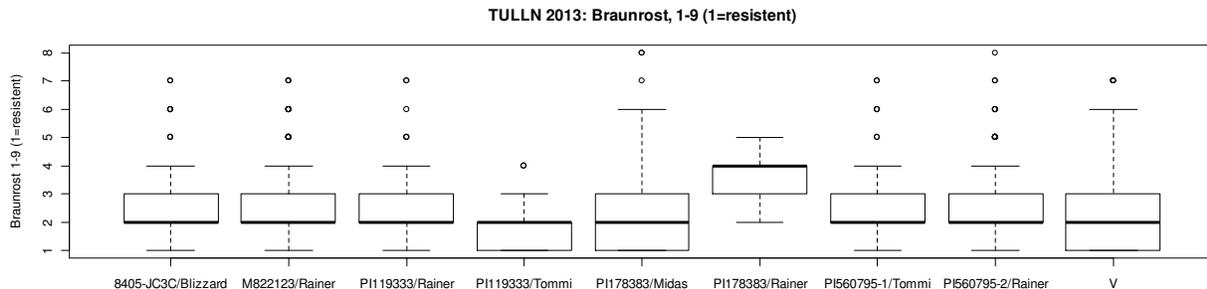
7. Gelbrost

Unterschiede in der Gelbrostanfälligkeit der Populationen konnten beobachtet werden. Besonders auffällig war, dass die Populationen PI178383/Midas und PI178383/Rainer nahezu vollständig resistent waren, während PI119333/Rainer am anfälligsten war.



8. Braunrost

In allen Populationen konnte Braunrostbefall beobachtet werden; die Population PI178383/Rainer wies den höchsten Braunrost Befall auf; PI1 19333/Tommi war weitgehend befallsfrei.



2. Planung Versuchsjahr 2014

Zwergsteinbrandversuche 2014 Österreich

Für das kommende Versuchsjahr konnte in Österreich mit einer Versuchsfläche der AGES in Schönfeld (NÖ) zusätzlich zu Lambach (OÖ) ein Standort in einem Zwergsteinbrand Hochrisikogebiet organisiert werden.

Die diesjährigen Versuchsergebnisse haben uns darin bestärkt, im Jahr 2014 ein Maximum an möglichen Kartierungspopulationen zu testen, um die Chancen zu erhöhen, 2-3 Populationen zu identifizieren, in denen das Merkmal Zwergsteinbrandbefall ausreichend gut differenziert. In den Folgejahren werden wir dann mit diesen „handverlesenen“ Populationen weiterarbeiten (mehrjährige Phänotypisierung und Gentypisierung).

2014 werden insgesamt 10 Kartierungspopulationen auf Zwergsteinbrand Befall untersucht werden. Bei diesen 10 Kartierungspopulationen handelt es sich um 9 weitgehend homozygote RIL Populationen, welche auf Kreuzungen am IFA Tulln aus dem Jahr 2006 basieren, und eine vollständig homozygote Doppelhaploiden (DH) Population aus Canada, welche an anderer Stelle bereits auf Steinbrand Resistenz getestet wurde³. Außerdem wird ein Vergleichssortiment, welches nebst unterschiedlichsten interessante Sorten auch alle aktuell relevanten Bio Winterweizensorten enthält, angebaut. Weiters steht uns für die Versuche 2014 das gesamte Differentialsortiment¹ zur Verfügung, welches ermöglichen sollte die Zwergsteinbrand Rasse, mit der wir derzeit arbeiten, zu identifizieren. Der Versuchsaufbau wurde im Vergleich zu 2013 leicht adaptiert: In Schönfeld wird im heuer mit größeren Parzellen und mehr Blöcken als in Tulln 2013 gearbeitet. Zusätzlich werden als Standards innerhalb der Populationen Capo (hoch anfällig) und Saturnus (weitgehend resistent) mitgeführt.

Zwergsteinbrandsporen (Herkunft Lambach 2013) wurden im Oktober 2013 in einer Konzentration von 0.4 g/m² aufgebracht, und die Versuche anschließend mit Gartenvlies abgedeckt, um möglichst günstige Infektionsbedingungen zu schaffen. Das

Vlies wird im Frühjahr 2014 abgenommen werden, und die Beurteilung des Zwergsteinbrand Befalls (% befallene Ähren je Linie) wird im Sommer 2014 erfolgen. Die Versuche werden uns erlauben, diejenigen Populationen zu identifizieren, welche eine gute Differenzierung im Zwergsteinbrandbefall zeigen und dann in den Folgejahren 2015 und 2016 für erneute phänotypische, aber auch genotypische Charakterisierung von Zwergsteinbrand Befall verwendet werden können. Eine möglichst breite Aufspaltung des Merkmals innerhalb der Kartierungspopulationen ist notwendig, um die relevanten Abschnitte im Weizengenom mittels molekularer Marker identifizieren zu können.

Cross	Cross_Name	R_Source	Population	Schönfeld (NÖ)	Lambach (OÖ)	n=
P101	Bonneville/Rainer	Bonneville	1	X		94
P102	PI560795-2/Rainer	PI560795-2	2	X	X	94
P103	M822123_Bt11/Rainer	M822123_Bt11	3	X	X	98
P104	PI560841-bc/Midas	PI560841-bcI	4	X		28
P105	PI560841-bc/Rainer	PI560841-bcI	5	X		72
P106	PI119333_Bt12/Rainer	PI119333_Bt12	6	X		85
P107	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7	X		15
P108	7021102C/Rainer	7021102C	8			
P109	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7			
P110	PI178383/Rainer	PI178383	9			
P111	PI178383/Midas	PI178383	10	X		71
P112	PI560795-1/Tommi	PI560795-1	11	X		77
DH	Blizzard/8405-JC3C	Blizzard	A	X	X	94

Tabelle 4 Übersicht Kartierungspopulationen Zwergsteinbrand 2014 Österreich

Standort	SCHÖNFELD (NÖ)	LAMBACH (OÖ)
Aussaat	11.10.2013	13.10.2013
Saatstärke	180 kg/ha	180 kg/ha
Inokulation ZSB	31.10.2013	29.10.2013
ZSB Konzentration	0.4 g/m ²	0.4 g/m ²
Methode Inokulation	Gartengießkanne	Gartengießkanne
Abdeckung Vlies	Ab 11/2013	Ab 11/2013
Pflege Bestand	Konventionell	Biologisch
Anzahl Parzellen	1093x3	380x3
Größe Parzellen	0.75 m ²	1 m ²
Anzahl Populationen	10	3
Anzahl Linien je Population	15-98	94-98
Versuchsaufbau	RCBD, 3 Blöcke	RCBD, 3 Blöcke
Vergleichssortiment	Ja	Ja
Differentialsortiment	Ja	Ja
Standards ZSB Befall	Ja	Ja

Tabelle 5 Übersicht Standorte & Versuchsaufbau Zwergsteinbrand 2014 Österreich

Steinbrandversuche 2014 Österreich

In den kommenden Jahren sollen unsere Zwergsteinbrand Kartierungspopulationen auch auf Resistenz gegenüber gewöhnlichem Steinbrand hin getestet werden. Gegenwärtig ist nicht bekannt, ob die gleichen Loci, welche Zwergsteinbrandresistenz vermitteln, auch Resistenz gegenüber gewöhnlichem Steinbrand vermitteln und umgekehrt. 2014 werden 4 der 11 weitgehend homozygote RIL Populationen am Standort Tulln (NÖ) der BOKU / IFA Tulln getestet werden. Zusätzlich werden ein Vergleichssortiment (inklusive aktueller Biosorten) und das Differentialsortiment mitgeführt, um Rückschlüsse auf die verwendete Steinbrand Rasse ziehen zu können. Zu diesem Zweck wurde das Saatgut mit Steinbrandsporen (Herkunft Lambach 2012) in einer Konzentration von 0.1 g Sporen / 100 g Saatgut (in 0.05% Methylcellulose) infiziert. Die Beurteilung des Steinbrand Befalls (% befallene Ähren je Linie) wird im Sommer 2014 erfolgen.

Cross	Cross_Name	R_Source	Population	Tulln (NÖ)	n=
P101	Bonneville/Rainer	Bonneville	1		
P102	PI560795-2/Rainer	PI560795-2	2		
P103	M822123_Bt11/Rainer	M822123_Bt11	3		
P104	PI560841-bc/Midas	PI560841-bcI	4		
P105	PI560841-bc/Rainer	PI560841-bcI	5		
P106	PI119333_Bt12/Rainer	PI119333_Bt12	6	X	85
P107	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7	X	19
P108	7021102C/Rainer	7021102C	8		
P109	PI119333_Bt12/Tommi	PI119333_Bt12	7	X	27
P110	PI178383/Rainer	PI178383	9	X	7
P111	PI178383/Midas	PI178383	10	X	71
P112	PI560795-1/Tommi	PI560795-1	11		
DH	Blizzard/8405-JC3C	Blizzard	A		

Tabelle 6 Übersicht Kartierungspopulationen Steinbrand 2014 Österreich

Standort	TULLN NÖ)
Aussaat	11/2013
Saatstärke	180 kg/ha
Inokulation SB	10/2013
SB Konzentration	1 g/100g Saatgut
Methode Inokulation	Methylcellulose Lösung
Abdeckung Vlies	Nein
Pflege Bestand	Konventionell
Anzahl Parzellen	321x2
Größe Parzellen	0.5 m ²
Anzahl Populationen	4
Anzahl Linien je Population	7-85
Versuchsaufbau	RCBD, 2 Blöcke

Tabelle 7 Übersicht Standort & Versuchsaufbau Steinbrand 2014 Österreich

Versuche Zwergsteinbrand / Steinbrand 2014 Ausland

Als Vertreter Österreichs im COBRA Projekt liegt an enger Vernetzung und Wissensaustausch mit Partnern aus dem Ausland. Deswegen freuen wir uns, dass wir bereits folgende Partner gewinnen konnten

- Tschechien / Crop Research Institute (Prag): Dr. Veronika Dumalasova
- Deutschland / LFL Bayern (Freising): Dr. Berta Killermann, Benno Voit
- Deutschland / Universität Hohenheim (Stuttgart): Dr. Friedrich Longin
- Schweden / SLU (Alnarp): Dr. Inger Ahman
- Schweiz, Getreidezüchtung Peter Kunz (Hombrechtikon): MSc Tina Roner

Da die Saatgutmengen der Kartierungspopulationen begrenzt sind, erfolgt 2014 an den externen Standorten ausschließlich der Anbau aller Elternlinien, des Differentialsortiments und ausgewählter Vergleichslinien (Ausnahme DEU, Universität Hohenheim: Anbau der DH Population Blizzard/8405-JC3C). In Deutschland (LFL Bayern, Universität Hohenheim) wird auf natürlich infizierten Flächen auf Zwergsteinbrandresistenz getestet, in Tschechien wird künstlich inokuliert. In Schweden und in der Schweiz werden wir die Linien auf gewöhnlichen Steinbrand hin testen lassen.

Krankheit	Zwergsteinbrand	Steinbrand
DEU , Universität Hohenheim	X	
DEU , LFL Bayern	X	
CZR , CRI	X	
SWE , SLU		X
CH , GZPK		X

Tabelle 8 Übersicht Versuchsstandorte 2014 Ausland

3. Weitere Aktivitäten 2013

Um genügend Saatgut für die Versuche in den Folgejahren zur Verfügung zu haben wurden am Standort Tulln der BOKU / IFA Tulln auf insgesamt 671 Parzellen zu je 1m² alle 2013 verwendeten Kartierungspopulationen und das gesamte Vergleichssortiment vermehrt. Weiters wurden Einzelähren Nachkommenschaften der 21 neuen Kreuzungen aus 2009 vermehrt.

Genauso werden auch 2014 Kartierungspopulationen und einzelne Linien, von denen nicht genügend Saatgut für die Folgejahre vorhanden ist, auf 634 Parzellen zu je 1m² am Standort Tulln der BOKU / IFA Tulln vermehrt. Genauso werden wiederum Einzelähren Nachkommenschaften der 21 neuen Kreuzungen aus 2009 vermehrt. Diese können ab 2015 in die Versuche integriert werden.

Am Standort Schönfeld (NÖ) stehen insgesamt 120x3 Parzellen welche für externe Partner auf Zwergsteinbrand getestet werden (Uni Hohenheim, Saatzucht Donau,

Getreidezüchtung Peter Kunz. Am Standort Tulln (NÖ) stehen insgesamt 31x3 Parzellen, welche für externe Partner auf Steinbrand getestet werden (Saatzucht Donau, Getreidezüchtung Peter Kunz).

III. Ausblick Tätigkeiten 2014

In den kommenden Jahren werden wir jedes Jahr an mehreren Orten für unsere Kartierungspopulationen den Zwergsteinbrand Befall bestimmen. Wir suchen nach 2-3 Populationen, die eine „gute Aufspaltung“ des Merkmals Zwergsteinbrand Resistenz zeigen. Für alle Linien solcher Populationen wird parallel zur Phänotypisierung auch eine Genotypisierung durchgeführt werden (geplant für 2015). Die gemeinsame Auswertung der Daten der Resistenzprüfungen und der Marker Analysen soll 2015/2016 erfolgen.

Konkret für 2014 ist die Auswertung der im Tätigkeitsbericht 2013 beschriebenen Zwergsteinbrand und Steinbrand Versuche geplant und die Vorbereitung des Versuchsjahres 2015. Des weiteren wird im Jänner 2014 wird der „XVIII Biennial International Workshop on Smuts and Bunts“ in Dänemark abgehalten werden. Dieser Workshop wird von der Universität Kopenhagen in Zusammenarbeit mit Agrologica und der BOKU/IFA Tulln organisiert werden und stellt die Implementierung des ersten Stakeholder Workshops dar, welcher Teil des Sub-Tasks 1.2.2. im WP1 des Gesamtprojektes COBRA darstellt.

ZUSAMMENFASSUNG

Unser Projekt „Pflanzenzüchtung für den Biolandbau – Resistenz gegen Zwergsteinbrand“ hat zum Ziel, molekulare Marker für Zwergsteinbrand Resistenz in Winterweizen zu entwickeln.

Zu diesem Zweck wurden mehrere Kartierungspopulationen, basierend auf Kreuzungen zwischen Zwergsteinbrand resistenten und anfälligen Winterweizensorten, erstellt. Diese werden nun in Feldversuchen auf Resistenz gegenüber Zwergsteinbrand Befall geprüft. Dieselben Kartierungspopulationen werden mittels molekularer Marker genotypisiert. Die gemeinsame Auswertung der phänotypischen und genotypischen Daten wird die Bestimmung jener Genomabschnitte erlauben, welche für die Resistenz gegenüber Zwergsteinbrand verantwortlich sind.

Im Jahr 2013 lag der Schwerpunkt auf der phänotypischen Charakterisierung der Zwergsteinbrandresistenz einer Auswahl unserer Kartierungspopulationen. Die Versuche wurden an 2 Standorten, Tulln (NÖ) und Lambach (OÖ) durchgeführt. Am Standort Tulln (NÖ) war die künstliche Infektion mit Zwergsteinbrand nicht erfolgreich, am Standort Lambach (OÖ) konnte der Versuch ausgewertet werden. Das Jahr 2013 ist als „Pilot-Versuchsjahr“ zu betrachten, da es relativ anspruchsvoll ist, künstlich einen starken Befall mit Zwergsteinbrand zu induzieren.

Im Jahr 2014 werden möglichst viele unserer Kartierungspopulationen auf Zwergsteinbrandbefall in Feldversuchen untersucht, und zwar in Schönfeld (NÖ) und Lambach (OÖ), zwei Zwergsteinbrand Hochrisikogebieten. Die Versuche wurden gegenüber 2013 im Aufbau optimiert. Gleichzeitig wird eine Auswahl der

Kartierungspopulationen in Tulln (NÖ) auch auf Resistenz gegenüber gewöhnlichem Steinbrand getestet werden. Die Elternlinien unserer Populationen und ausgewählte Linien des Vergleichssortiments werden im Ausland von Partnern auf Zwergsteinbrand- und Steinbrandresistenz getestet. Die phänotypischen Untersuchungen 2014 werden uns hoffentlich erlauben, 2-3 aussichtsreiche Populationen für die anschließende Genotypisierung auszuwählen, welche für 2015 geplant ist.

Molekulare Marker für Zwergsteinbrand Resistenz werden die Selektion von regional angepassten Sorten mit optimaler Resistenz ermöglichen. Solche Sorten sind für den biologischen Weizenanbau in mittleren und höheren Lagen Österreichs (Alpenvorland, Mühl- und Waldviertel) dringend erforderlich.

Anhang

1. ANOVA Tabelle

	POPULATION	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Zwerg- steinbrand	CROSS_NAME	3.00	1841.00	613.50	50.05	<2e-16	***
	REP	2.00	36.00	18.00	1.47	0.23	
	CROSS_NAME:REP	6.00	63.00	10.60	0.86	0.52	
	Residuals	878.00	10764.00	12.30			
Pflanzenhöhe	LOCATION	2.00	81186.00	40593.00	462.00	< 2e-16	***
	CROSS_NAME	8.00	58059.00	7257.00	82.60	< 2e-16	***
	LOCATION:REP	1.00	167.00	167.00	1.90	0.17	
	LOCATION:CROSS_NAME	11.00	8401.00	764.00	8.69	0.00	***
	LOCATION:CROSS_NAME:REP	7.00	1024.00	146.00	1.67	0.11	
	Residuals	2197.00	193037.00	88.00			
Lageranfälligkeit	LOCATION	2.00	1168.00	584.00	283.26	< 2e-16	***
	CROSS_NAME	8.00	2243.00	280.40	136.00	< 2e-16	***
	LOCATION:REP	3.00	49.00	16.40	7.96	0.00	***
	LOCATION:CROSS_NAME	11.00	208.00	18.90	9.16	0.00	***
	LOCATION:CROSS_NAME:REP	13.00	45.00	3.50	1.68	0.06	.
	Residuals	2785.00	5742.00	2.10			
Datum Ährenschleiben	CROSS_NAME	8.00	12432.00	1554.00	84.87	<2e-16	***
	REP	1.00	22.00	22.30	1.22	0.27	
	CROSS_NAME:REP	7.00	259.00	37.00	2.02	0.05	*
	Residuals	1241.00	22723.00	18.30			
Homogenität	CROSS_NAME	8.00	169.10	21.14	36.71	<2e-16	***
	REP	1.00	0.90	0.87	1.52	0.22	
	CROSS_NAME:REP	7.00	7.90	1.13	1.96	0.06	.
	Residuals	1241.00	714.70	0.58			
Mehltau	CROSS_NAME	8.00	130.40	16.30	17.36	< 2e-16	***
	REP	1.00	28.60	28.64	30.50	0.00	***
	CROSS_NAME:REP	7.00	21.90	3.13	3.33	0.00	**
	Residuals	1241.00	1165.50	0.94			
Gelbrost	CROSS_NAME	8.00	288.30	36.04	22.98	< 2e-16	***
	REP	1.00	192.50	192.48	122.77	< 2e-16	***
	CROSS_NAME:REP	7.00	97.40	13.91	8.87	0.00	***
	Residuals	1241.00	1945.70	1.57			
Braunrost	CROSS_NAME	8.00	92.60	11.57	7.09	0.00	***
	REP	1.00	1.50	1.50	0.92	0.34	
	CROSS_NAME:REP	7.00	39.10	5.58	3.42	0.00	**
	Residuals	1241.00	2024.40	1.63			

2. LSD t-Test Tabelle

	POPULATION	DB	SE	r	LCL	UCL	MIN	MAX	GROUP
Zwergsteinbrand	8405-JC3C/Blizzard	3.34	0.24	287.00	2.87	3.81	0.00	19.60	b
	M822123/Rainer	1.01	0.13	287.00	0.75	1.27	0.00	12.90	c
	PI560795-1/Tommi	0.34	0.07	223.00	0.19	0.48	0.00	10.10	d
	V	4.16	0.72	93.00	2.75	5.57	0.00	32.30	a
Pflanzenhöhe	8405-JC3C/Blizzard	90.31	0.47	192.00	89.39	91.23	70.00	110.00	a
	M822123/Rainer	81.43	0.69	192.00	80.09	82.78	50.00	110.00	de
	PH19333/Rainer	86.98	0.67	164.00	85.67	88.30	65.00	115.00	b
	PH19333/Tommi	83.96	0.92	96.00	82.16	85.75	60.00	105.00	c
	PH178383/Midas	79.74	0.68	152.00	78.39	81.08	60.00	105.00	ef
	PH178383/Rainer	80.83	5.23	6.00	70.57	91.10	65.00	100.00	def
	PI560795-1/Tommi	79.34	0.81	160.00	77.76	80.93	50.00	110.00	f
	PI560795-2/Rainer	82.64	0.72	184.00	81.22	84.05	55.00	115.00	cd
V	74.87	0.99	112.00	72.93	76.80	45.00	95.00	f	
Lageranfälligkeit	8405-JC3C/Blizzard	2.41	0.04	576.00	2.34	2.49	1.00	5.00	e
	M822123/Rainer	1.88	0.04	575.00	1.81	1.95	1.00	6.00	f
	PH19333/Rainer	5.14	0.11	246.00	4.93	5.35	1.00	9.00	a
	PH19333/Tommi	5.02	0.16	144.00	4.71	5.33	1.00	9.00	a
	PH178383/Midas	4.07	0.12	223.00	3.83	4.31	1.00	9.00	b
	PH178383/Rainer	4.77	0.52	13.00	3.75	5.79	2.00	9.00	ab
	PI560795-1/Tommi	3.46	0.08	464.00	3.30	3.62	1.00	8.00	c
	PI560795-2/Rainer	4.18	0.08	277.00	4.02	4.34	1.00	9.00	b
V	3.17	0.12	305.00	2.93	3.40	1.00	9.00	d	
Datum Ährenschleiben	8405-JC3C/Blizzard	28.38	0.27	192.00	27.86	28.90	21.00	38.00	f
	M822123/Rainer	37.11	0.24	192.00	36.63	37.58	21.00	44.00	b
	PH19333/Rainer	34.84	0.31	164.00	34.23	35.46	24.00	42.00	d
	PH19333/Tommi	36.79	0.42	96.00	35.97	37.61	24.00	45.00	bc
	PH178383/Midas	33.69	0.43	152.00	32.84	34.54	21.00	45.00	e
	PH178383/Rainer	32.50	1.63	6.00	29.31	35.69	29.00	37.00	e
	PI560795-1/Tommi	38.56	0.32	160.00	37.94	39.18	25.00	46.00	a
	PI560795-2/Rainer	36.48	0.28	184.00	35.92	37.03	25.00	45.00	bc
V	36.07	0.60	112.00	34.90	37.25	19.00	44.00	c	
Homogenität	8405-JC3C/Blizzard	1.05	0.03	192.00	1.00	1.10	1.00	5.00	d
	M822123/Rainer	1.85	0.07	192.00	1.72	1.99	1.00	7.00	b
	PH19333/Rainer	1.65	0.05	164.00	1.55	1.76	1.00	5.00	bc
	PH19333/Tommi	1.90	0.08	96.00	1.74	2.06	1.00	4.00	b
	PH178383/Midas	1.74	0.04	152.00	1.66	1.82	1.00	3.00	b
	PH178383/Rainer	2.17	0.40	6.00	1.38	2.95	1.00	4.00	ab
	PI560795-1/Tommi	2.26	0.07	160.00	2.11	2.40	1.00	7.00	a
	PI560795-2/Rainer	2.09	0.07	184.00	1.96	2.22	1.00	6.00	b
V	1.53	0.06	112.00	1.40	1.65	1.00	4.00	c	
Mehltau	8405-JC3C/Blizzard	3.44	0.06	192.00	3.32	3.56	2.00	6.50	b
	M822123/Rainer	3.41	0.06	192.00	3.29	3.53	2.00	6.00	bc
	PH19333/Rainer	2.99	0.07	164.00	2.86	3.12	1.50	5.50	c
	PH19333/Tommi	2.99	0.08	96.00	2.84	3.14	1.50	5.50	c
	PH178383/Midas	4.02	0.10	152.00	3.82	4.23	1.50	7.50	a
	PH178383/Rainer	3.42	0.52	6.00	2.39	4.44	2.00	5.00	bc
	PI560795-1/Tommi	3.15	0.08	160.00	2.99	3.30	1.00	6.00	c
	PI560795-2/Rainer	3.01	0.07	184.00	2.87	3.15	1.00	7.00	c
V	3.25	0.12	112.00	3.02	3.49	1.00	7.50	bc	
Gelbrost	8405-JC3C/Blizzard	2.08	0.07	192.00	1.95	2.22	1.00	7.00	c
	M822123/Rainer	1.82	0.09	192.00	1.64	1.99	1.00	8.00	d
	PH19333/Rainer	2.62	0.11	164.00	2.39	2.84	1.00	8.00	a
	PH19333/Tommi	2.34	0.15	96.00	2.04	2.65	1.00	7.00	abc
	PH178383/Midas	1.03	0.03	152.00	0.98	1.09	1.00	5.00	e
	PH178383/Rainer	1.00	0.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.00	e
	PI560795-1/Tommi	1.68	0.10	160.00	1.48	1.87	1.00	7.00	d
	PI560795-2/Rainer	2.45	0.13	184.00	2.19	2.71	1.00	9.00	ab
V	2.21	0.17	112.00	1.87	2.54	1.00	8.00	bc	
Braunrost	8405-JC3C/Blizzard	2.65	0.08	192.00	2.49	2.80	1.00	7.00	abc
	M822123/Rainer	2.72	0.09	192.00	2.55	2.90	1.00	7.00	ab
	PH19333/Rainer	2.24	0.08	164.00	2.08	2.40	1.00	7.00	d
	PH19333/Tommi	1.82	0.08	96.00	1.67	1.98	1.00	4.00	e
	PH178383/Midas	2.64	0.13	152.00	2.39	2.90	1.00	8.00	abc
	PH178383/Rainer	3.67	0.42	6.00	2.84	4.49	2.00	5.00	a
	PI560795-1/Tommi	2.26	0.09	160.00	2.09	2.44	1.00	7.00	d
	PI560795-2/Rainer	2.63	0.10	184.00	2.43	2.82	1.00	8.00	bc
V	2.39	0.17	112.00	2.06	2.73	1.00	7.00	cd	

Literatur

1. Goates, B. J. in *Bunt and smut diseases of wheat: concepts and methods of disease management* (Wilcoxson, R. D. & Saari, E. E.) 12–25 (1996).
2. Goates, B. J. & Bockelman, H. E. Identification of New Sources of High Levels of Resistance to Dwarf Bunt and Common Bunt among Winter Wheat Landraces in the USDA-ARS National Small Grains Collection. *Crop Science* **52**, 2595 (2012).
3. Wang, S. *et al.* Markers to a common bunt resistance gene derived from “Blizzard” wheat (*Triticum aestivum* L.) and mapped to chromosome arm 1BS. *Tag Theoretical And Applied Genetics Theoretische Und Angewandte Genetik* **119**, 541–553 (2009).
4. Menzies, J. G., Knox, R. E., Popovic, Z. & Procnier, J. D. Common bunt resistance gene Bt10 located on wheat chromosome 6D. *Canadian Journal of Plant Science* **86**, 1409–1412 (2006).
5. Fofana, B., Humphreys, D. G., Cloutier, S., McCartney, C. a. & Somers, D. J. Mapping quantitative trait loci controlling common bunt resistance in a doubled haploid population derived from the spring wheat cross RL4452 × AC Domain. *Molecular Breeding* **21**, 317–325 (2007).
6. Huber, K. & Buerstmayr, H. Development of methods for bunt resistance breeding for organic farming. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* **42**, 66–71 (2006).
7. Organic Research Centre. at [http://www.organicresearchcentre.com/?go=Research and development&page=Plant breeding&i=projects.php&pid=42](http://www.organicresearchcentre.com/?go=Research%20and%20development&page=Plant%20breeding&i=projects.php&pid=42)