

Schwarzrost, ein alter Feind wird zu einem Thema für die Züchter

Kevin Gauthier, Stephanie Bräunlich, Dario Fossati,
Samuel Knapp, Fabio Mascher, Odile Moulet et
Boulos Chalhoub



www.agroscope.ch | une bonne alimentation, un environnement sain

Agroscope

Schwarzrost Vorstellung

Pilz

Klassifizierung

- ***Puccinia graminis f. sp. tritici (Pgt)***
- Basidiomycet
- Familie : *Pucciniaceae*, Genus : *Puccinia*

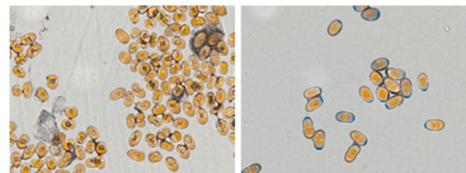


Bild : M. Pellegrin

Biologie

- **Biotroph** (infiziert und vermehrt sich über lebenden Wirt)
- Lebenszyklus mit **geschlechtsspezifischen** und **geschlechtslosen** Phasen
- Eher hohe Temperaturen (**18-30°C**)

Wirte und Symptomen

- **Weizen und Gerste** + Hafer, Roggen...
- Infiziert Blätter, Sprosse, Spelzen und Grannen
- Ertragsverlust bis 70% beobachtet

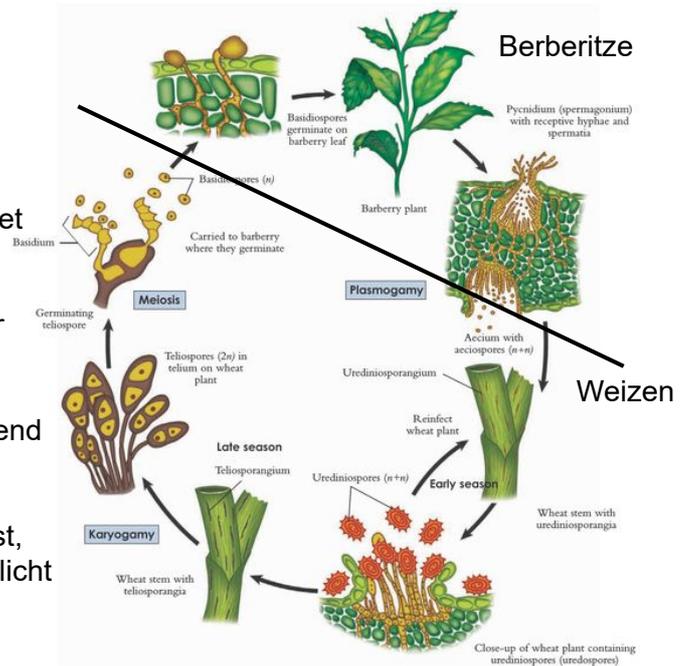


Bild : S. Bräunlich, TEAGASC

Agroscope

Puccinia graminis (Pgt) Lebenszyklus

- **Heterözisch** (Vorhandensein von zwei Wirten ohne Beziehung im Zyklus)
- **Berberitze meistens notwendig für die Überwinterung.**
- Geschlechtsspezifische Vermehrung findet nur auf die Beberitze im Frühling statt.
- Die **Pusteln** auf **Weizen** entsprechen der **Ansammlung von dikaryotischen Uredosporendie**, aus der **ungeschlechtlichen Vermehrung** während des Sommers hervorgegangen sind
- **Karyogamie der Uredosporen** im Herbst, die die genetische Rekombination ermöglicht (auf **Getreideresten** sowie **Unkraut**)



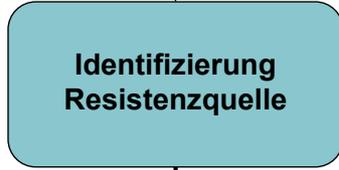
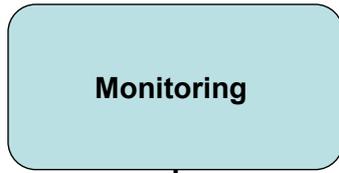
Geschichte der Schwarzrost Bekämpfung

- Eine von der **ältesten** und **befürchtesten** Krankheiten, **Tierköpfen** zum Rostgott, **Robigus**
- **Berberitze Rolle** identifiziert in Frankreich **1660**. Ihre Zerstörung erlaubte Schwarzrostepidemien unter Kontrolle zu behalten bis **1950s**
- Auftauchen und Fortbestand einer sehr aggressiven Rostrasse in Uganda 1998, **Ug99**. **80% der Weizensorten der Welt** sind für diese Rasse **anfällig**.
- Die **Fernausbreitung** der Uredosporen erfolgte durch den **Wind**. Sehr milde Winter ermöglichten beide Überleben und Fernausbreitung in Afrika. Anderen Länder (e.g. USA, Irland) berichteten die selbe Beobachtung.
- **2013** wurde Deutschland schwer von Schwarzrostepidemien getroffen.
- **Schwarzrost** wird gelegentlich in der Schweiz beobachtet aber das Epidemie-**Risiko** wirkt immer **größer**.





Agroscope Bekämpfung Strategie



- **Probenahme** von Schwarzrost in der Schweiz oder in Europa
- **Identifizierung** von verbreiteten Virulenzen (Differenzialtest)
- **Auswahl** von Rassen **für das Sortenscreening**
- **Sortenscreening** in Europa (Italien, Deutschland, Frankreich, die Schweiz) und in Afrika (Kenia)
- **Keimling-** sowie **Erwachsenenpflanzen** Inokulation
- **Genome Wide Association Studies (GWAS)** um Resistenz QTLs zu identifizieren
- Entwicklung **molekularer Marker** zur Verfolgung der Einkreuzung
- Markerunterstützte **Back-Crosses (MABC)**
- **Pyramidierung** interessanter **Resistenzgene**

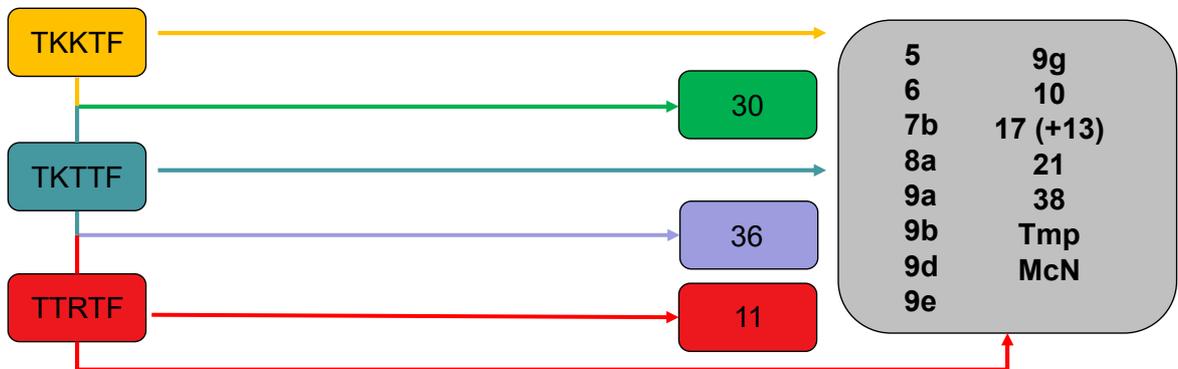


Wirksamkeit von Resistenzgenen



Schwarzrost Rassen in Europa (2015-2021)

Umgegangen (ASR) Resistenzgene (Sr)



Anbau von Resistenzgene



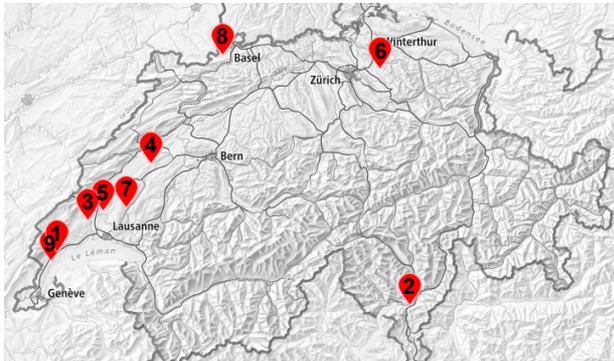
Stabiles Resistenzgene (ASR)

24,31

Switzerland

Schwarzrost Isolate in der Schweiz (2020 – 2022)

- 12 Proben in der Schweiz
- Identifizierung durch Differenzialtest



Nr.	Code	Location	Year	Races
1	2580	Begnins (VD)	2020	PSCKF
2	2618	Cadenazzo (TI)	2021	TTTTF
3	2644	Cossonay (VD)	2021	PKFTF
4	2577	Delley (FR)	2020	TKRRF
4	2654	Delley (FR)	2022	TTTTF
4	2655	Delley (FR)	2022	TRTTS
5	2574	Goumöens (VD)	2020	TTFTC
6	2672	Mesikon (ZH)	2022	KFLTF
7	2674	Moudon (VD)	2022	FFSPF
8	2570	Witterswil (SO)	2020	TKKTF
9	2631	Nyon (VD)	2021	PLFTF
9	2669	Nyon (VD)	2022	TTTTF

- Ähnliche Rassen wie in Europa. Die stabilen Resistenzgene sind identisch (**Sr24** und **Sr31**)

Pflanzenschutztagung Feldbau, 12/01/2024

7

Switzerland

Virulenz gegen Sr24 et Sr31 in Europa



- Sammlung von **500 Isolaten** in **17 Europe Länder** (und in **Siberien**)
- **Genotypisierung durch SNP chip** oder mit **SSR Marker** und Rasse Identifizierung mit Differenzialtests
 - Virulenzen wirksam gegen **Sr31** sind in **Spanien** und **Siberien** beobachtet worden. Das Auftreten **solchen Virulenz** ist **unabhängig** von **Ug99**.
 - **Keine Virulenz** wirksam gegen **Sr24** wurde **nachgewiesen**.
 - Risiko der **Umgehung** von **Resistenzgenen** steigt mit dem Vorhandensein von **Berberitze**, das die **genetische Rekombination** von **Pgt** fördert.
 - **Weder Sr24**, noch **Sr31** wirken gegen die **neuersten Ug99 Rassen**.
 - **Sr31** wird mit einer **Verringerung** der **Backqualität** in Verbindung gebracht.

Notwendigkeit neue Resistenzgene zu identifizieren

Pflanzenschutztagung Feldbau, 12/01/2024

(Patpour et al., 2022) 8

Pre-screening für die Identifizierung von neue Resistenzquellen (2006)

- Pre-screening von 17 Sommerweizen Kultivare in Kenia gegen **Ug99**
- **Säen der Sorten** im Feld und Infektion mit **Ug99**, Symptomen Bonitur

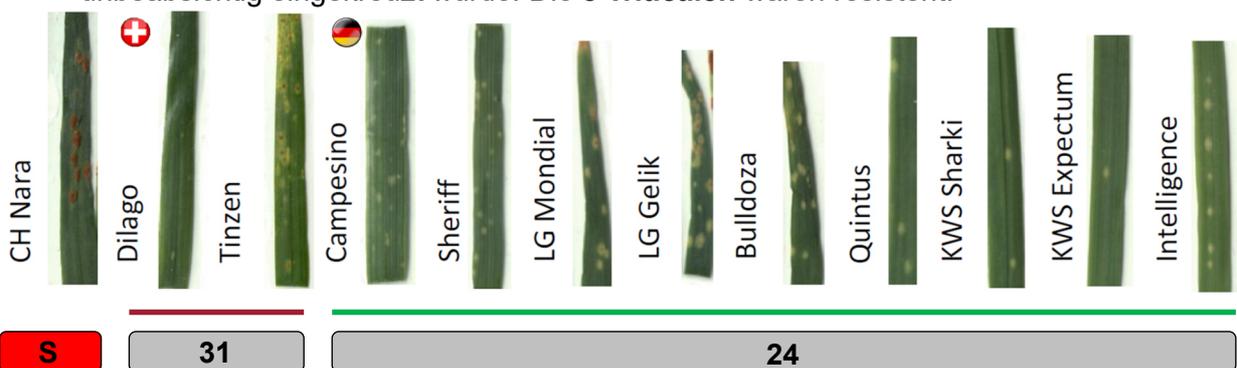


Identifizierung von **zwei Sorten** aus dem **Agroscope-Zuchtprogramm (Greina und Quantum)**, die ein interessantes **Resistenzniveau** gegen **Schwarzrost** zeigen.

Vorbeugung Pre-screening aufgrund der hohen Mobilität von Ug99.

Screening für die Identifizierung von ASR in europäisches Weizenmaterial (2022)

- Screening von **45 Winterweizen Kultivare**, **15 Sommerweizen**, **17 Dinkel** und **8 Triticalen**
- Inokulation mit **3 Schweizerischen aggressiven Schwarzrost Rassen** (TKKTF, TTFTC, TTTTF)
- Identifizierung von **8 resistenten Winterweizen Kultivare**, **4 Summerweizen** und **2 Dinkeln**. Weizen exprimieren ein bekanntes Resistenzgene (*Sr24/Sr31*), das unbeabsichtig eingekreuzt wurde. Die **8 Triticalen** waren resistent.



Screening für die Identifizierung von APR in Kenia(2022)

- Versendung von **97 Sommerweizen-** sowie **Triticale** Kultivare in **Kenia** mit unterschiedliche Empfindlichkeiten (von resistent in der Schweiz zu sehr empfindlich)
- **Sr24 und Sr31** allein verleihen **kein Resistenz** gegen die Rassen des Schwarzrostes in Kenia

Sehr resistente Sorten / Immunität

Immune (8)

- CH NARA
- CH CAMEDO
- DOLLY
- PERSEUS
- PIZNAIR
- BALINO
- LERMA
- TRIANGOLI

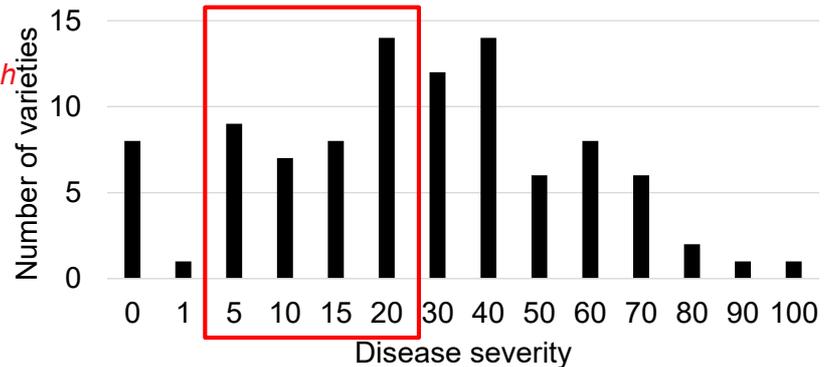
⊕ Empfindlich

⊕ Triticale resistent

Sehr resistent (1)

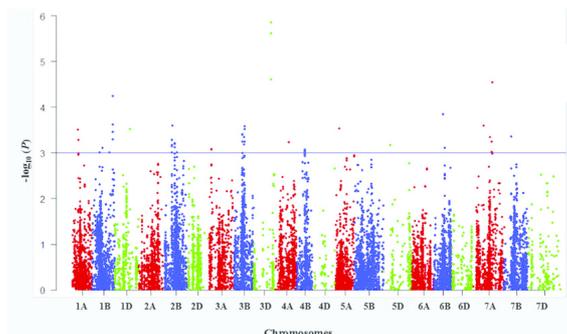
- PICODÁNETO

Empfindlichkeit Niveau der Kultivare



Großes Feldscreening in Europa (2023-)

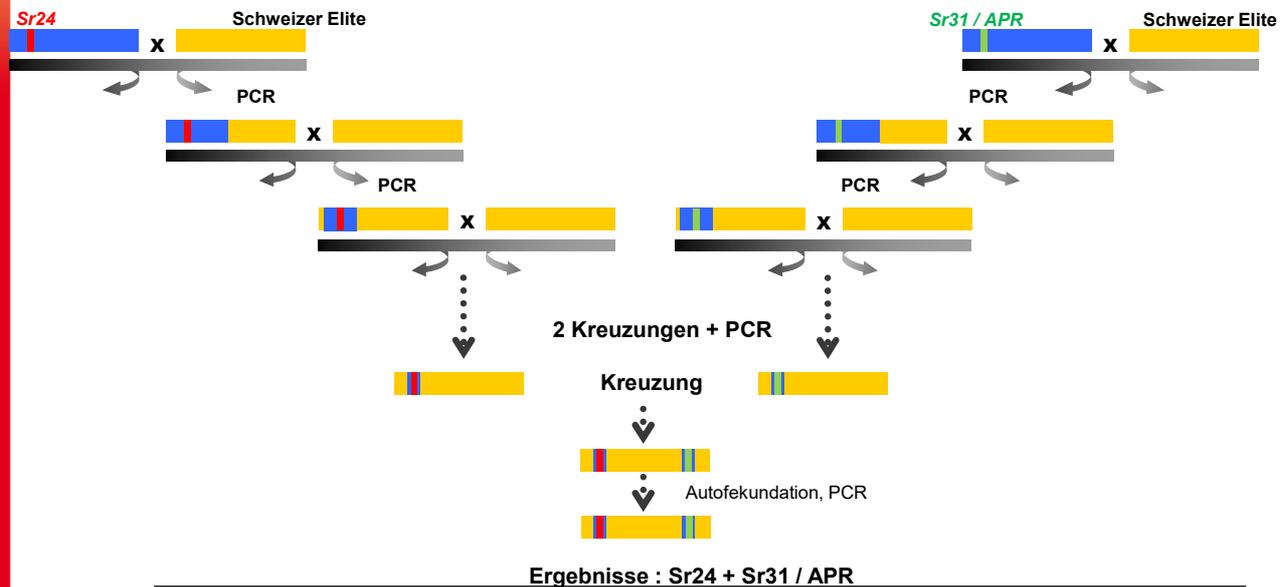
- **Auswahl eines Pannel von 480 Weizensorten** mit unterschiedliche Empfindlichkeiten gegen Schwarzrost, **16** involvierte Partner.
- Feldversuche in mehreren Ländern (**Frankreich, Italien, Spanien, Deutschland, Kenia**) um Inokulumdiversität innerlab des Untersuchungsmaterial zu fördern.
- Anwendung von **Genome Wide Association Studies** Ansatz zur Identifizierung von kausalen Schwarzrostresistenzen SNPs.



- Entwicklung von **molekularen Markern** zur **Verfolgung** von Resistenzgenen.
- **Einkreuzung** der identifizierten **Resistenzgene** in **Schweizere Elite-Material**

Pyramidierung Schwarzrost Resistenzgene (*Sr24*+*Sr31*)

Pyramidierung der wichtigsten Hauptgenen in Europa



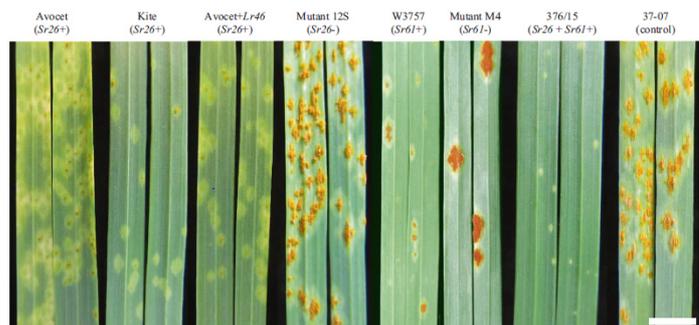
Pyramidisierung von wenig genutzten Schwarzrost-Resistenzgenen (*Sr26*+*Sr61*)

Pyramidierung von Hauptgenen wenig genutzt in Europa

- *Sr26* et *Sr61* wurden von *Thinopyrum ponticum* eingekreuzt.
- *Sr26* et *Sr61* sind unabhängige NLRs.
- Kein Pgt Isolat ist auf *Sr26* und *Sr61* virulent.
- Notwendigkeit, das resistente Material an Schweizer Landwirtschaft anzupassen

A recombined *Sr26* and *Sr61* disease resistance gene stack in wheat encodes unrelated NLR genes

Jianping Zhang^{1,2}, Timothy C. Hewitt^{1,2}, Willem H. P. Boshoff³, Ian Dundas⁴, Narayana Upadhyaya², Jianbo Li¹, Mehran Patpour⁵, Sutha Chandramohan², Zacharias A. Pretorius³, Mogens Hvomøller⁵, Wendelin Schnippenkoetter², Robert F. Park¹, Rohit Mago², Sambasivam Periyannan², Dhara Bhatt², Sami Hoxha¹, Soma Chakraborty², Ming Luo², Peter Dodds², Burkhard Steuernagel⁶, Brande B. H. Wulff⁶, Michael Ayliffe², Robert A. McIntosh¹, Peng Zhang^{1,2,8} & Evans S. Lagudah^{1,2,8}



Take home message

- **Schwarzrost** ist eine verheerende (-70% Ertrag) und uralte Krankheit
- **Seine Einfluss** auf den Schweizer Weizen könnte wegen Klimawandel (früheres Auftreten und Überleben im Winter) drastisch zunehmen.
- **Zurzeit** beruht **Schweizer Resistenz** nur auf **Sr24**, das **nicht** vor den neueren **Ug99-Rassen schützt**.
- **Agroscope** hat **konsequente Arbeit** unternommen, um neue Resistenzquellen zu identifizieren.
- **Anfällige Schweizer** Sorten können gegen afrikanische Rassen resistent sein und zur **Verringerung** von **Schwarzrostepidemien beitragen**. Im Gegenteil dazu, bedeutet **Resistenz** in der **Schweiz nicht** unbedingt **Resistenz in Kenia**
- **Pyramidierung** der üblichen oder neuen Resistenzgene wird die Kontrolle der Krankheit verbessern.

Danksagungen

Agroscope

Cécile Brabant
Stéphanie Bräunlich
Boulos Chalhoub
Dario Fossati
Alain Handlet-Cornillet
Samuel Knapp
Stéphane Kollenberger
Jessica Joaquim
Rachid Majdi
Fabio Mascher
Odile Moulet



Danke für Ihre Aufmerksamkeit