

Diss. ETH Nr. 10789

**Zusammenhang zwischen der Resistenz gegen Braunrost
(*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*)
und der Ertragsbildung bei Winterweizen
(*Triticum aestivum* L.)**

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels
Doktors der Naturwissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

SILVANO ORTELLI
Dipl. Ing. Agr. ETH
geboren am 13. September 1963
von Castel San Pietro (TI)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. J. Nösberger, Referent
Prof. Dr. P. Stamp, Korreferent
Dr. M. Winzeler, Korreferent

Zürich 1994

I ZUSAMMENFASSUNG

Resistente Sorten weisen beim Auftreten von Pilzkrankheiten ohne eine Fungizidbehandlung bedeutend höhere Erträge auf als anfällige. Tritt der Krankheitsbefall jedoch nicht auf, so ist der Ertrag der resistenten Zuchtstämme oft geringer als bei anfälligen. Ziel dieser Arbeit war es, die Ursachen des unterschiedlichen Ertragspotentials von resistenten bzw. anfälligen Pflanzen zu erfassen. Als Vergleichspflanzen wurde die Winterweizensorte 'Arina' als rekurrenter, anfälliger Elter und sechs ihrer braunrostresistenten, nah isogenen Linien (NIL's) aus zwei unabhängig voneinander entwickelten Rückkreuzungspopulationen gewählt. Die NIL's trugen das aus *Aegilops umbellulata* stammende Braunrostresistenzgen *Lr9*.

In einem ersten Teil der Arbeit wurde die Wirkung der rassenspezifischen Braunrostresistenz von *Lr9* untersucht. Keimpflanzen wurden dafür mit zwei Braunrostisolaten inokuliert, die auf *Lr9* avirulent waren. Der Infektionsverlauf und die Abwehrreaktionen wurden mit Hilfe der Epifluoreszenzmikroskopie beobachtet. Die Orientierung der Uredosporen-Keimschläuche und die Differenzierung des Appressoriums über den Spaltöffnungen war bei den anfälligen und resistenten Pflanzen vergleichbar. Die weitere Entwicklung des Braunrostes wurde auf dem anfälligen Wirt durch keine Abwehrreaktion gehemmt. Der Zuwachs der Haustorienmutterzellen (HMC) verlief exponentiell. Die Sporulation des Pilzes setzte 7 bis 8 Tage nach der Inokulation ein. Auf den resistenten NIL's starben die Wirtszellen in der Nähe der ersten Haustorienmutterzelle als Folge einer hypersensitiven Reaktion 24 bis 44 Stunden nach der Inokulation ab. Bevor das Wachstum des Pilzes zum Stillstand kam wurden nur wenige HMC pro Infektionsstelle gebildet. Dies zeigt, dass es sich bei *Lr9* nicht um eine morphologische oder funktionelle Resistenz, sondern um eine physiologische Resistenz handelt.

In zweijährigen Freilandversuchen an der Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau Zürich-Reckenholz (FAP-Reckenholz) (440 m ü.M.) wurde die Ertragsbildung der braunrostanfälligen Sorte 'Arina' und ihrer NIL's verglichen. Die NIL's hatten eine gute, phänotypische Ähnlichkeit und eine ähnliche, phänologische Entwicklung wie ihr rekurrenter, anfälliger Elter 'Arina'. Zum Zeitpunkt der Blüte und der Milchreife war ihr oberirdischer Biomassenertrag mit dem von 'Arina' vergleichbar. Unterschiede in der TS-Produktion entstanden erst nach der Milchreife. Bei der Reife wiesen die NIL's einen um 5% bis 14% tieferen Kornerntrag auf als 'Arina' (58.8 q TS ha⁻¹). Im Durchschnitt betrug die Ertragsreduktion 11.5%. Der tiefere Ertrag der NIL's kam durch eine um 3% bis 11% kleinere Kornzahl pro Fläche und ein um 2% bis 7% kleineres Einzelkorngewicht zustande. Die Faktoren eines limitierten Kornwachstums wurden durch eine Begrenzung der Kornzahl pro Ähre und damit einer Reduktion der Sink-Kapazität untersucht. Ein kleineres Angebot an

Assimilaten und eine reduzierte Assimilateinlagerungsfähigkeit beeinträchtigten das Kornwachstum der NIL's.

Zur Untersuchung der Ursachen der tieferen Kornzahl pro Fläche und des reduzierten Korngewichts der NIL's wurde der Gaswechsel der Fahnenblätter nach dem Ährenschieben unter Feldbedingungen gemessen. Anhand einer Bodenapplikation der Markerelemente Rubidium (Rb) und Strontium (Sr) wurde die Wurzelaktivität von 'Arina' und ihren NIL's in unterschiedlichen Bodentiefen untersucht. Die braunrostresistenten NIL's wiesen am Vormittag eine zu 'Arina' vergleichbare Nettophotosyntheserate auf. Im Tagesverlauf nahm dagegen die CO₂-Assimilation der NIL's stärker ab als bei 'Arina'. Am Nachmittag assimilierten die NIL's je nach Entwicklungsstadium 7% bis 20% weniger als 'Arina'. Die Abnahme der Nettophotosyntheserate war bei der Kornfüllung sehr eng mit der Reduktion der stomatären Leitfähigkeit (g_s) korreliert. Die Reduktion der stomatären Leitfähigkeit hatte eine Reduktion des interzellulären CO₂-Gehaltes zur Folge. Dies deutete auf einen möglichen, kausalen Zusammenhang zwischen der Reduktion der stomatären Leitfähigkeit und der reduzierten CO₂-Assimilation hin. Die zwischen Schossen und Milchreife um 15.2% bis 20.3% kleinere Sr-Aufnahme (in 25 bis 40 cm Bodentiefe) und die bei der Milchreife um 12.4% kleinere Rb-Aufnahme (in 10 cm Bodentiefe) der NIL's im Vergleich zu ihrem rekurrenten, anfälligen Elter 'Arina' widerspiegelte eine reduzierte Wurzelaktivität. Diese könnte während Zeiten mit erhöhtem Wasserdampfdruck-Defizit für eine limitierte Wasserversorgung der oberirdische Biomasse verantwortlich gewesen sein. Die Reduktion der g_s könnte als typisches Zeichen eines Wasserstress direkt mit der kleineren Wurzelaktivität zusammenhängen. Eine beeinträchtigte Wasserversorgung und eine dadurch reduzierte CO₂-Assimilation kann das tiefere Ertragspotential der resistenten NIL's erklären. Die kleinen Unterschiede der ertragsbildenden Parameter innerhalb und zwischen den Rückkreuzungspopulationen zeigen, dass, falls "drag genes" für die Ertragsdepression verantwortlich sind, diese sehr eng gekoppelt mit *Lr9* vererbt werden. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass *Lr9* einen direkten negativen Einfluss auf die Ertragsbildung hat.

II SUMMARY

Resistant wheat cultivars have higher yields than susceptible ones when exposed to fungal diseases without any fungicide treatment. However, in absence of the disease, resistant cultivars often have a reduced yield as compared to susceptible ones. The aim of this work was to investigate the causes of the different yield potential of resistant and susceptible cultivars. The winter wheat cultivar 'Arina' as the susceptible, recurrent parent and six of its leaf rust resistant near isogenic lines (NIL's) developed from two independent back-crossing populations were chosen as test plants. The NIL's carried the leaf rust resistant gene *Lr9* introduced from *Aegilops umbellulata*.

In the first part of this work, the effect of the race specific wheat leaf rust resistance gene *Lr9* on the disease development was investigated. Seedlings were inoculated with two leaf rust isolates avirulent on *Lr9*. Pathogenesis and host response was studied by means of epifluorescence microscopy. The orientation of uredospore germ tubes and appressoria differentiation over the stomata were similar on both susceptible and resistant plants. The development of the fungus in the susceptible host was not inhibited by any detectable host resistance reaction and exhibited an exponential production of the haustorial mother cells (HMC). Fungal sporulation took place 7 to 8 days after inoculation. Host cells of the resistant NIL's close to the HMC died 24 to 44 hours after inoculation due to a hypersensitive reaction. Before ceasing its growth, the fungus formed only few HMC. This shows that *Lr9* is a physiological type of resistance rather than a morphological or functional one.

Growth and yield parameters of the leaf rust susceptible cultivar 'Arina' and its resistant NIL's were compared during a field trial period of two years at the Swiss Federal Research Station for Agronomy in Zürich-Reckenholz (FAP-Reckenholz) (440 m above sea level). The NIL's and 'Arina' had a similar phenotypic and phenologic development. The above ground biomass of the susceptible and resistant plants was similar at anthesis and at milk ripeness. Differences in the dry matter production appeared only after milk ripeness. At maturity, the NIL's had a 5% to 14% lower grain yield than 'Arina' (58.8 q ha⁻¹ TS). The reduced yield was due to a 3% to 11% lower grain number and to a 2% to 7% lower single grain weight. The factors affecting the grain growth were investigated by reducing the grain number per ear. The grain growth of the NIL's was limited by both a lower assimilate supply and a lower sink capacity.

In order to study the causes of the reduced grain growth, the gas exchange of flag leaves was measured after ear emergence under field conditions. The root activity of 'Arina' and its NIL's was estimated by the application of the tracer elements Rubidium (Rb) and Strontium (Sr) at

two different soil depths. In the morning the net assimilation was similar for both 'Arina' and the leaf rust resistant NIL's. However, during the day CO₂ assimilation decreased more rapidly for the NIL's than for 'Arina'. In the afternoon, the NIL's had a 7% to 20% lower net assimilation than 'Arina' depending on the growth stage. The decrease of net assimilation was during grain filling closely related to the reduction of stomatal conductance leading to a drop in the intercellular CO₂ concentration. This suggested a possible causal relation between reduction of stomatal conductance and reduced CO₂ assimilation. A reduced root activity of the NIL's as compared to its susceptible, recurrent parent 'Arina' could be assessed by measuring the uptake of both tracer elements Rubidium and Strontium. The Strontium uptake of the NIL's at 25 to 40 cm depth was 15.2% to 20.3% lower than in 'Arina' (measured between stem elongation and milk ripeness). The Rubidium uptake of the NIL's at 10 cm depth was 12.4% lower than in 'Arina' (measured at milk ripeness). The reduced root activity could cause a limited water supply of the above ground biomass during periods with elevated water vapour pressure deficit. The reduction of stomatal conductance, typically indicating water stress conditions, might be caused by the reduced root activity. A limited water supply and the resulting drop in the CO₂ assimilation might explain the lower grain yield potential of the resistant NIL's. The little differences in yield parameters within and between the back-cross populations suggest that if any "drag genes" are responsible for yield reduction, they should be closely linked to the *Lr9* gene. It is however probable that the *Lr9* itself has a negative influence on yield formation.