

## Zusammenfassung

Global betrachtet war die Steigerung der Erträge zur Bekämpfung von Hunger in den vergangenen Jahrzehnten das Hauptziel in der Weizenzüchtung (*Triticum aestivum* L.). Mit der Einführung von Verzweigungsgenen wurde der Ernteindex verbessert, der das Verhältnis Kornertrag zur oberirdischen Gesamtbiomasse darstellt. Begleitet von einer ansteigenden Zufuhr von Stickstoff- (N) und Phosphor- (P) Düngern und der Anwendung von Pestiziden hat dies zu einem beträchtlichen Ertragszuwachs geführt. Durch die jahrzehntelange Züchtung auf Hohertragsorten für den intensiven Anbau wurde möglicherweise das optimale Düngungsniveau im Weizenanbau verschoben und so indirekt auf Sorten mit einem höheren Nährstoffbedarf selektiert. Arbuskuläre Mykorrhiza können zur Nährstoffversorgung von Pflanzen vor allem unter nährstofflimitierten Bedingungen beitragen. Ergebnisse aus der Literatur lassen vermuten, dass die Züchtung unter nährstoffreichen Bedingungen dazu geführt haben könnte, dass moderne Sorten die Fähigkeit zur Kolonisierung mit arbuskulärer Mykorrhiza verloren haben. Aus dieser Situation heraus ergibt sich die Frage, ob Sorten, die aus solchen Züchtungsprogrammen hervorgegangen sind, für den biologischen Anbau geeignet sind.

Im Fokus dieser Arbeit stand die Beurteilung der Notwendigkeit spezifischer Züchtungsprogramme für den biologischen Landbau. Dabei wurde folgende Hypothese überprüft: Sorten, die unter biologischen Bedingungen gezüchtet worden sind, sind besser an die Bedingungen im biologischen Landbau angepasst als konventionell gezüchtete Hochleistungssorten. Zwei einjährige Feldstudien mit je acht bis zehn Winterweizensorten wurden in insgesamt sieben Umwelten durchgeführt. Eine erste Studie wurde 2007 im biologischen und konventionellen Verfahren im DOK-Langzeitversuch durchgeführt, in dem verschiedene Anbausysteme seit 1978 verglichen werden. In einer zweiten Studie wurden die Sorten 2008 unter Praxisbedingungen auf biologisch bewirtschafteten Betrieben in verschiedenen pedo-klimatischen Regionen der Schweiz geprüft. Im Gegensatz zum DOK-Langzeitversuch, einem fruchtbaren Löss-Standort, waren die Praxisbetriebe auf sandigen bis sandig-lehmigen Böden und hatten ein insgesamt geringeres Ertragspotenzial. Teilziele der Arbeit waren (i) der Vergleich der Erträge, der Backqualität und der Nährstoffeffizienz von modernen Winterweizensorten aus biologischen und konventionellen Züchtungsprogrammen sowie alten Sorten, angebaut unter biologischen und konventionellen Bedingungen im DOK-Langzeitversuch auf fruchtbarem Lössboden, (ii) der Vergleich der Leistung dieser Sorten auf

drei biologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben an Standorten mit geringem Ertragspotenzial, (iii) die Analyse der phänotypischen Stabilität der Sorten und (iv) die Bestimmung der Wurzelkolonisierung mit arbuskulärer Mykorrhiza unter Feldbedingungen sowie deren Korrelationen mit der Nährstoffkonzentration von Phosphor (P), Mangan (Mn) und Zink (Zn) im Pflanzengewebe und im Korn, mit der Nährstoffaufnahme ins Korn und mit dem Kornertrag.

Im DOK-Langzeitversuch waren 2007 die Kornerträge unter konventionellen Bedingungen deutlich höher als unter biologischen Bedingungen. Erwartungsgemäss erzielten die konventionell gezüchteten Sorten die höchsten Erträge innerhalb des konventionellen Anbauverfahrens während die biologisch gezüchteten Sorten keine Überlegenheit gegenüber den konventionellen Sorten in den biologischen Systemen zeigten. Im Gegensatz zu den Ergebnissen im DOK-Langzeitversuch, waren die Erträge der biologisch gezüchteten Sorten auf den drei biologischen Praxisbetrieben in 2008 leicht höher als die der alten und der konventionell gezüchteten Sorten. Signifikant gesichert war dieser Unterschied am Standort mit dem insgesamt tiefsten Ertragsniveau.

In allen geprüften Umwelten stieg die Backqualität deutlich von den alten zu den modernen biologisch und konventionell gezüchteten Sorten an. Unter biologischer Bewirtschaftung war die Stickstoffeffizienz aller Sorten generell höher als unter konventionellen Bedingungen und stieg auch mit dem Jahr der Zulassung der Sorten an. Auf den ertragsschwächeren Praxisbetrieben war die Stickstoffeffizienz der biologisch gezüchteten Sorten höher als die der konventionell gezüchteten Sorten. Dies konnte in den biologischen Anbauverfahren am fruchtbaren DOK-Standort nicht bestätigt werden.

Im DOK-Langzeitversuch mit dem direkten Vergleich der biologischen und konventionellen Anbauverfahren traten keine signifikanten Genotyp-Umwelt-Wechselwirkungen für agronomisch wichtige Parameter auf. Im Gegensatz dazu wurden in 2008 zwischen den drei Praxisbetrieben und auch in der Gesamtanalyse über alle sieben Prüfumwelten in 2007 und 2008 signifikante Genotyp-Umwelt-Wechselwirkungen festgestellt. Dieses Ergebnis unterstreicht die grosse Bedeutung einer Selektion unter den jeweiligen Zielumwelten. Darüber hinaus zeigt diese Studie, dass Selektion nicht nur unter Biobedingungen stattfinden sollte, sondern an möglichst vielen und möglichst unterschiedlichen Standorten, die ein breites Spektrum der Anbausysteme innerhalb des Biolandbaus widerspiegeln.

In Bezug auf Kornertrag und Nährstoffeffizienz ist eine Sorte dann für den biologischen Anbau geeignet, wenn sie dynamisch auf gegebene Umweltbedingungen reagiert. In dieser Studie bedeutet dies eine konstante Zunahme des Kornertrags von den drei marginalen Standorten zu den Bio-Anbauverfahren im DOK-Langzeitversuch. Im Gegensatz dazu wird für Parameter der Backqualität wie z.B. der Feuchtkleberindex eine statische Stabilität benötigt. Dies bedeutet, dass eine Sorte das gleiche Ergebnis in verschiedenen Umwelten erzielt. Eine der biologisch gezüchteten Sorten zeigte gleichzeitig eine hohe Stabilität für die drei Parameter Kornertrag, Stickstoffnutzungseffizienz und Feuchtkleberindex.

Die Wurzelkolonisierung der Weizensorten mit arbuskulärer Mykorrhiza war unter biologischen Bedingungen höher als unter konventionellen Bedingungen. Ein signifikanter Sortenunterschied konnte aber nicht festgestellt werden. In einem biologischen System und in der ungedüngten Kontrolle zeigte sich im DOK-Langzeitversuch eine positive Korrelation zwischen der Wurzelkolonisierung und der P Konzentration im Spross bei der Bestockung. Im konventionellen System im DOK-Langzeitversuch und in den Praxisversuchen wurde keine Korrelation beobachtet. Dies könnte ein Hinweis sein, dass unter spezifischen biologischen Anbaubedingungen eine höhere Wurzelkolonisierung zu einer besseren P-Versorgung beitragen kann. Jedoch zeigte sich dieser Effekt nur in einem frühen Entwicklungsstadium und spiegelte sich nicht in einer höheren P-Aufnahme oder einem höheren Kornertrag wider. Auch konnten keine konsistenten Korrelationen zwischen der Mykorrhiza-Wurzelkolonisierung und den Konzentrationen von Mn und Zn festgestellt werden. Molekulargenetische Studien zur Diversität der arbuskulären Mykorrhizierung mit einer grösseren Anzahl von Sorten, die unter nährstoffarmen Bedingungen angebaut werden, könnten Aufschluss über die Co-Evolution von Weizen und Mykorrhiza im Verlauf der Züchtung geben.

Zusammenfassend zeigt diese Studie die Notwendigkeit, biologisch bewirtschaftete Flächen in Züchtungsprogramme für den Biolandbau einzuschliessen. Wichtig ist dies vor allem in fortgeschrittenen Generationen des Zuchtprogrammes, ab denen die Ertragsselektion stattfindet. Die Hypothese, dass die Fähigkeit von Weizen zur Mykorrhizierung bei modernen Hochleistungssorten verloren gegangen ist, hat sich nicht bestätigt.