

Offen-abblühende Maispopulationen für die Praxis

Kathrin Buhmann^{1*}, Carl Vollenweider¹ und Hartmut Spieß¹

Zusammenfassung

Offen-abblühende Maispopulationen haben durch ihre Heterogenität und Diversität eine große Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Dadurch können sie vor allem für den ökologischen Landbau und vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels eine vielversprechende Alternative zu Hybridsorten darstellen. Innerhalb des BLE/BÖLN-Projekts „ZuchtMetPop“ werden Zuchtmethoden sowie Leistungs- und Adaptionsfähigkeit von offen-abblühenden Maispopulationen untersucht. Ergebnisse aus dem ersten Prüffjahr zeigen, dass Maispopulationen sowohl unter konventionellen als auch unter ökologischen Anbaubedingungen ca. 80% der Erträge vergleichbarer Hybride erreichen können.

Schlagwörter: Mais, offen-abblühende Maispopulationen, Züchtungsmethoden, Ertragsversuche

Summary

Open-pollinated maize populations have a high flexibility and adaptability due to their high degree of heterogeneity and diversity. Thus they are a promising alternative to hybrid varieties especially for organic growing conditions and against the background of ongoing climate change. The BLE/BÖLN project “ZuchtMetPop” examines breeding methods as well as the performance and adaptability of open-pollinated maize populations. Results of the first trial year show that maize populations can reach about 80% of the yield of comparable hybrids under conventional as well as organic growing conditions.

Keywords: Maize, open-pollinated populations, breeding methods, yield trials

Einleitung

Mais (*Zea mays L.*) ist nicht nur eine der ältesten, sondern neben Weizen und Reis auch eine der bedeutendsten Kulturpflanzen der Welt. Vor der Einführung von Hybriden wurde Mais als offen-abblühende Landsorten angebaut, die sich durch eine hohe Diversität innerhalb und zwischen den verschiedenen Sorten auszeichnen (LAMMERTS VAN BUEREN UND MYERS 2012; MAYER et al. 2017). Heute sind jedoch fast alle verfügbaren Maissorten in Deutschland Hybride, die sich durch ihre hohen Erträge, ihre weitgehende Uniformität sowie ihre besondere Eignung für die konventionelle Landwirtschaft auszeichnen (KUTKA 2005; KUTKA 2011; LÜTKE ENTRUP et al. op. 2013; PIXLEY 2006; WOLFE et al. 2008).

Trotz der momentanen Überlegenheit und Verbreitung der Hybride besitzen offen-abblühende Maispopulationen, die aus verschiedenen Genotypen bestehen, die gemeinsam offen-abblühen, ein großes Potential (KUTKA 2011). Durch ihre Heterogenität und hohe Diversität besitzen Maispopulationen eine große Flexibilität und Anpassungsfähigkeit, außerdem tragen sie durch den Erhalt bzw. den Aufbau einer breiten genetischen Vielfalt zu einer Erhöhung der Agro-Biodiversität bei (ALVES et al. 2018; CECCARELLI 1994; KUTKA 2011; PIXLEY 2006; REIF et al. 2005; TIWARI et al. 2009). Das offene Abblühen macht Maispopulationen beständig und nachbaufähig, was zum einen die Inputkosten für Saatgut verringert und außerdem eine Standortanpassung an besondere Gegebenheiten sowie die Entwicklung sogenannter Hofsorten ermöglicht. Des Weiteren erweisen sich Populationen als flexibler und stabiler in Ertrag und Qualität. Auf diese Weise können sich Maispopulationen besser an erschwerte Bedingungen anpassen, wie sie zum

Beispiel im ökologischen Landbau oder vermehrt durch die fortschreitenden Folgen des Klimawandels auftreten können (LAMMERTS VAN BUEREN UND MYERS 2012; MENDES-MOREIRA et al. 2009).

Doch den alten Landsorten fehlt der aktuelle Zuchtfortschritt und sie können nicht mehr mit den modernen Hybriden mithalten. Darum beschäftigen sich seit mehr als einem Jahrzehnt einige Züchter in Deutschland (FZD, LfL Bayern) und der Schweiz (Getreidezüchtung Peter Kunz, GZPK) einerseits mit der züchterischen Bearbeitung von Landsorten sowie mit der Zusammenstellung neuer Populationen (MÜLLNER UND KUNZ, 2012). Die Zuchtziele liegen bisher vor allem auf Ertrag und agronomischen Eigenschaften, wie beispielsweise Standfestigkeit, Wüchsigkeit und Frühzeitigkeit. Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und Schädlingsbefall sowie (Futter-)Qualitätseigenschaften sind weitere Gesichtspunkte.

Durch das sogenannte EU-Experiment, dem Durchführungsbeschluss zum Inverkehrbringen von heterogenem Material der Sorten Weizen, Gerste, Hafer und Mais (2014/150/EU) ist es seit 2015 erstmals möglich heterogene Populationen zu vermarkten. Im Rahmen dieses Experiments wurden in Deutschland bisher fünf Maispopulationen zugelassen: Almito-Population und Bogdan-Population (FZD), Evolino-Population (GZPK), Weihenstephaner 2 und 3 -Populationen (LfL Bayern).

Das Projekt ZuchtMetPop

Ziel des Projekts ZuchtMetPop ist es, effiziente Selektionsmethoden sowie das Leistungs- und Adaptionspotential von

¹ Forschung und Züchtung der Landbauschule Dottenfelderhof, Dottenfelderhof 6, D-61118 Bad Vilbel

* Ansprechpartner: MSc Kathrin Buhmann, kathrin.buhmann@dottenfelderhof.de, www.forschung-dottenfelderhof.de



Maispopulationen mit Körnermaiseignung zu prüfen, um auf regionaler und betrieblicher Ebene einen Beitrag zur Entwicklung von im Ökolandbau geeigneten Sorten zur Verbesserung der Saatgutversorgung bei Mais zu leisten.

Hierfür sollen:

1. Zuchtmethoden zur Verbesserung bestehender Maispopulationen unterschiedlicher Struktur und Leistungsfähigkeit hinsichtlich ihrer Effizienz geprüft werden (TP1).
2. die Leistungsfähigkeit von Maispopulationen sowohl unter konventionellen als auch ökologischen Anbaubedingungen erfasst werden (TP2).
3. die Anpassungsfähigkeit von Maispopulationen an unterschiedliche Standorte in Abhängigkeit von ihrer genetischen Breite ermittelt werden (TP3).
4. eine genetisch breite, den aktuellen Zuchtfortschritt beinhaltende Population erstellt werden (TP4).
5. der Wissenstransfer in die Praxis stattfinden (TP5).

Das Vorhaben ist eine Zusammenarbeit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), der Forschung und Züchtung Dottenfelderhof e.V. (FZD), des Bundessortenamts (BSA), der Getreidezüchtung Peter Kunz (GZPK) und der Georg-August-Universität Göttingen (GauGö), sowie der Naturland Fachberatung und des Kompetenzzentrums Ökolandbau Niedersachsens. Es wird von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau gefördert.

Material und Methoden

Teilprojekt 1: Zuchtmethodik zur Verbesserung der Selektionseffizienz

In Teilprojekt 1 (TP1) sollen verschiedene Züchtungsmethoden und ihre Selektionseffizienz zur Verbesserung von offen-abblühenden Maispopulationen getestet werden. Hierfür wurden seit 2014 zwei verschiedene Maispopulationen, die Erhaltungssorte „Sankt Michaelis“, sowie die Population 6805, eine Selektion der Erhaltungssorte „Weihenstephaner 1“, in Vorarbeit der FZD mit drei verschiedenen Selektionsmethoden züchterisch bearbeitet: Haploidenselektion, S1-Familienselektion und Positive Massenauslese mit 2 Varianten (mit und ohne Entfahnen). Im ersten Projektjahr

(2017) wurden alle vier Varianten, die jeweilige Ausgangspopulation, sowie zwei Check-Populationen, Almito-Population und Bogdan-Population, einheitlich an einem Standort vermehrt, um mögliche Ortseffekte im Saatgut zu verringern, die die möglicherweise geringen Selektionseffekte überdecken könnten. Um ein Vermischen der Varianten zu vermeiden, wurde die Vermehrung am gleichen Standort durch händisches Durchkreuzen durchgeführt. Seit 2018 werden die verschiedenen Varianten und die Ausgangspopulationen zusammen mit den beiden Check-Populationen (insgesamt 12 Prüfglieder) in einer Leistungsprüfung mit dreifacher Wiederholung an 5 Standorten, konventionell und ökologisch, geprüft (Tabelle 1).

Teilprojekt 2: Leistungsfähigkeit und Leistungsstabilität

Teilprojekt 2 vergleicht die Leistungsfähigkeit und Leistungsstabilität offen-abblühender Maispopulationen untereinander sowie mit vergleichbaren Hybriden. Als zu prüfende Populationen wurden die im Rahmen des EU-Experiments zum Inverkehrbringen von heterogenem Material seit 2016 durch das Bundessortenamt zugelassenen Maispopulationen ausgewählt: Evolino-Population (GZPK), Almito- und Bogdan-Population (FZD), Weihenstephaner 2- und Weihenstephaner 3-Population sowie die Erhaltungssorte Weihenstephaner 1 (LfL), außerdem zwei weitere Züchtungspopulationen der LfL 6803-2016 und 6801-2016 sowie eine züchterisch bearbeitete Landsorte mit der Bezeichnung Roter Columbus (FZD). Mit Ausnahme dieser Landsorte und der Bogdan-Population, welche aus einer Kombination von Landsorten und neuem Material zusammengestellt wurde, wurden die Maispopulationen der Prüfung in TP2 zum Großteil aus aktuellem Züchtungsmaterial zusammengestellt. Insgesamt werden so seit 2017 9 Populationen und drei Vergleichshybride P8589 (Pioneer), ES Metronom (EURALIS Saaten) und LG 30258 (Limagrain) von mittelfrüher Kornreife (K240-K250) in einer Leistungsprüfung mit dreifacher Wiederholung an 8 konventionellen und ökologischen Standorten geprüft (Tabelle 1).

Teilprojekt 3: Anpassungsfähigkeit von Populationen

Das Teilprojekt 3 zur Anpassungsfähigkeit von Populationen ist in zwei Teile geteilt. Der erste Teil hat das Ziel die

Tabelle 1: Übersicht der konventionellen und ökologischen Standorte der Leistungsprüfungen der Teilprojekte

Standorte der Leistungsprüfungen	Versuchsansteller	Höhe [m] über NN	Nschl [mm]	Temp [°C]	Ackerzahl	Bodenart	TP1	TP2	TP3
Konventionelle Standorte									
Limburg-Ahlbach	FZD	174	590	8,8	80	Schluffiger Lehm	X	X	X
Haßloch	BSA	105	519	11,0	80	Sandiger Lehm		X	
Straßmoos	LfL	390	627	8,7	64	Toniger Lehm	X	X	X
Magdeburg	BSA	79	509	8,7	90	Lehm		X	
Dachwig	BSA	170	517	9,2	74	Lehmiger Schluff		X	
Frankendorf	LfL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		X	
Göttingen	GauGö	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	X		X
Ökologische Standorte									
Reinshof	GauGö	171	645	8,7		Schluffiger Lehm	X	X	
Limburg-Ahlbach	FZD	177	590	8,8	65	Schluffiger Lehm	X	X	X
Niederschönenfeld	LfL	670	755	8,5	72	Sandiger Lehm		X	X

Anpassungsfähigkeit von offen-abblühenden Maispopulationen an verschiedene Standorte zu prüfen. Hierfür wurde die Erhaltungssorte „Weihestephaner 1“ über vier Selektionszyklen (bis 2017) an der LfL, Freising (konventionell) und am Dottenfelderhof (ökologisch) selektiert. Seit 2018 werden die beiden angepassten Populationen, sowie ihre Ausgangspopulation und zwei Vergleichshybride in einer dreifach wiederholten Leistungsprüfung an 5 konventionellen und ökologischen Standorten verglichen.

Der zweite Teil dieses Teilprojekts zielt darauf ab den Einfluss der Anzahl Genotypen in einer Population auf ihre Leistungsfähigkeit und –Stabilität zu untersuchen. Hierfür wurden 2 Populationen aus jeweils 4 Genotypen (2 Hybride) und eine dritte Population aus 8 Genotypen (4 Hybride) zusammengestellt und in einer Generation selektiert. Seit 2018 werden die drei Populationen und die vier Ausgangshybriden in einer Leistungsprüfung mit dreifacher Wiederholung an 5 Standorten, konventionell und ökologisch, geprüft.

Teilprojekt 4: Erstellen einer Ausgangspopulation

Ziel des TP4 ist das Erstellen einer genetisch breiten, den aktuellen Zuchtfortschritt beinhaltenden Ausgangspopulation für Züchtungsforschung und Praxis. Für das Ausgangsmaterial werden aktuelle Hybride nach den Parametern Eigenleistung, S1-Leistung, Reife sowie ihren Verwandtschaftsverhältnissen ausgewählt und zusammengestellt. Diese offen-abblühende Maispopulation wird anschließend nicht nur für die Züchtungsforschung sondern auch für die Praxis, wie beispielsweise die Entwicklung von Hofsorten zur Verfügung stehen.

Teilprojekt 5: Wissenstransfer in die Praxis

In TP5 soll der Wissenstransfer und eine fachlich unterstützende Begleitung im Anbau von Maispopulationen, der betriebsspezifischen Hofsortenentwicklung und die Vermittlung der notwendigen Kenntnisse ermöglicht werden.

Unter anderem werden hierfür jährlich zwei Workshops organisiert durch das Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen und den Naturlandverband für ökologischen Landbau e.V. Die Workshops finden auf zwei teilnehmenden Praxisbetrieben statt, wo nicht nur die Populationen an interessierte Landwirte vorgestellt werden, sondern auch Wissen zur Gewinnung eigenen Saatguts oder der Entwicklung von Hofsorten weitergegeben werden, wie beispielsweise pflanzenzüchterische Maßnahmen, die Wahl des richtigen Genotyps und technische Anforderungen der Saatgutaufarbeitung.

Leistungsprüfung der Teilprojekte

Für die verschiedenen Leistungsprüfungen der einzelnen Teilprojekte werden von den Projektpartnern fünf konventionelle und drei ökologische Standorte in sechs klimatisch unterschiedlichen Lagen gestellt (Dachwig, Haßloch, Limburg-Ahlbach, Magdeburg, Niederschönenfeld, Reinsdorf und Strassmoos)(Vgl. Tabelle 1). Die Versuche werden mit 18m²-Parzellen in dreifacher Wiederholung angelegt. Die pflanzenbaulichen Maßnahmen erfolgen ortsüblich nach den Standards des konventionellen und ökologischen Anbaus. Die Obergrenze für Stickstoffgaben lag sowohl für konventionelle, als auch für ökologische Standorte bei maximal 170-190 kg N/ha.

Neben Ertrag und Trockensubstanzgehalt wurden die folgenden agronomischen Eigenschaften erhoben: Feldaufgang (Datum), Mängel nach Aufgang (Bonitur), Blühzeitraum (Datum), Stängelbruch (%), Mängel nach weiblicher Blüte (Bonitur), Pflanzenlänge (cm), Bestandeshöhe (cm), Bestockung (%), Stängelfäule (%), Beulenbrand (%), Maiszünslerbefall (%), Fritfliegenbefall (%), Helminthosporium (%) und Lager vor Ernte (Bonitur und %), sowie Tausendkornmasse (TKM in g).

Ergebnisse

Da von der Leistungsprüfung 2018 bisher noch keine Ergebnisse vorliegen und sich die Prüfung in 2017 auf TP2 beschränkte, bezieht sich der folgende Abschnitt

Tabelle 2: Relativverträge der Populationen (POP 1-9) und Hybride zu dem Ertragsdurchschnitt der Vergleichshybride (HYB 1-3) aller konventionellen und ökologischen Versuchsstandorte in 2017

Kornertrag (86% TS) relativ [%]	Lim.- Ahlb.	Haß- loch	Straß- moos	Magde- burg	Dach- wig	DS konv	Reins- hof	Lim.- Ahlb.	Nieder- schfld.	DS öko
Grenzdif.	6	7	8	10	8	.	7	12	16	.
HYB 1	98	106	96	106	101	101	104	103	100	102
HYB 2	102	90	100	92	102	97	92	94	101	95
HYB 3	100	103	104	102	97	101	104	103	99	102
DS VRS abs. [dt/ha]	145	144	133	127	113	132	152	148	111	137
POP 1	76	70	75	109	68	80	77	80	71	77
POP 2	88	82	78	100	71	84	81	85	80	82
POP 3	81	68	73	80	74	75	72	71	74	72
POP 4	75	75	71	86	55	73	70	69	71	70
POP 5	77	71	68	102	68	77	77	78	70	76
POP 6	79	74	73	94	67	77	74	82	61	74
POP 7	40	30	38	78	18	41	35	35	32	34
POP 8	74	68	71	78	69	72	74	74	63	71
POP 9	77	75	73	86	74	77	76	78	69	75
DS POP	74	68	69	90	63	73	71	72	66	70
DS Ort	81	76	77	93	72	80	78	79	74	78

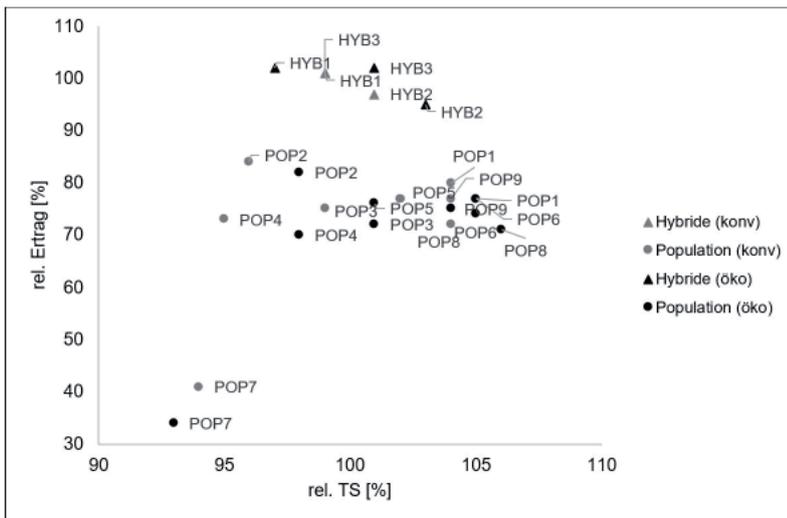


Abbildung 1: Gegenüberstellung von Relativertrag (%y) und relativem Trockensubstanz (%x) aller Prüfglieder, gruppiert nach Hybriden sowie konventionell und ökologisch

allein auf die einjährigen Ergebnisse des Teilprojekts (2) zur Leistungsfähigkeit und -Stabilität offen-abblühender Maispopulationen.

Die Erfassung der agronomischen Eigenschaften zeigte keine großen Unterschiede zwischen den verschiedenen Prüfgliedern. Jedoch Krankheits- und Schädlingsbefälle sowie Lager vor Ernte schienen ortsabhängig aufzutreten, zeigten aber keine großen Unterschiede zwischen den Prüfgliedern. Allein eine Population (POP7) schnitt im Allgemeinen deutlich schlechter ab als die restlichen Populationen.

Die relativen Ertragswerte der Prüfglieder über die einzelnen Orte (Vgl. Tabelle 2) zeigen im Durchschnitt, dass die Populationen zwischen 70 und 85% der Vergleichshybride erreichen, mit Ausnahme der POP7, die zwischen 18 und 41% liegt. Im Allgemeinen schneiden die Populationen vor allem am konventionellen Standort Haßloch gut ab mit durchschnittlich 90% und bis zu 109% Relativertrag. Die Relativerträge der Populationen im Vergleich zu Hybriden entsprechen den ermittelten Ergebnissen eines Langzeitversuchs an einem Standort der LfL von EDER et al. (2017).

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen sowohl in der Abbildung als auch in der Tabelle, dass die Vergleichshybride generell höhere Erträge erreichen, während die Populationen bei 70-85% des Ertrags der Hybride liegen. Beim relativen Trockensubstanzgehalt und somit der Frühzeitigkeit decken die Populationen ein vergleichbares Spektrum wie die Hybriden ab. Die meisten Populationen liegen sowohl in Bezug auf Ertrag als auch Frühzeitigkeit relativ nahe zusammen. POP2 weist einen höheren Ertrag als alle anderen Populationen auf, ist aber auch eine eher spätreife Population. Während die Populationen der LfL (POP 4, 8, 9, 11 und 12) ertraglich im Mittelfeld liegen, zeichnen sie sich durch eine frühere Abreife aus. POP3 und POP4 der FZD liegen in beiden Aspekten im mittleren Bereich. Diese Ergebnisse zeigen die Selektionsschwerpunkte der Züchter. Bei POP2 der GZPK lag der Schwerpunkt eher auf der Ertragsleistung, während an der LfL erfolgreich versucht wurde bei gleichbleibendem Ertrag die Frühzeitigkeit zu verbessern. POP7

erzielte sowohl in Bezug auf den mit 34-41%, als auch bezüglich der Anfälligkeit gegen Krankheiten und bei weiteren agronomischen Eigenschaften die schlechtesten Ergebnisse. Die anderen Populationen schnitten bei den agronomischen Eigenschaften und Anfälligkeiten gegenüber Krankheiten vergleichbar mit den Hybriden ab (Ergebnisse nicht dargestellt).

Hier zeigt sich deutlich, dass es sich bei der Population POP7 um eine Landsorte handelt, die erst wenig züchterisch bearbeitet wurde und somit noch kaum dem Zuchtfortschritt entspricht. Der große Leistungsunterschied zwischen Landsorte und Hybriden zeigt den Züchtungsfortschritt der letzten 50 Jahre.

Desweiteren zeigen die Ergebnisse der agronomischen Eigenschaften zwar keine großen Unterschiede zwischen den einzelnen Prüfgliedern jedoch zwischen den einzelnen Standorten. Diese Ortsabhängigkeit der Merkmale macht den Einfluss verschiedener

Umwelteinflüsse deutlich. Wie jedoch in der Abbildung zu sehen, zeigen sich keine großen Unterschiede zwischen den ökologischen und konventionellen Ergebnissen. Somit konnte die Erwartung Populationen können sich unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus besser behaupten als Hybride nicht bestätigt werden. Ein möglicher Grund dafür ist, dass die pflanzenbaulichen Maßnahmen zwar ortsüblich erfolgten, aber für Stickstoffgaben die gleiche Obergrenze von maximal 170-190kg N/ha sowohl für konventionelle, als auch für ökologische Standorte gegeben war, in diesem Jahr keine besonderen Probleme auftraten und somit auch die Erträge an ökologischen Standorten mit 137 dt/ha im Durchschnitt sehr hoch waren. Weitere Erkenntnisse hierzu könnten spätere Ergebnisse liefern, beispielsweise nach der langen Trockenphase in 2018.

Schlussfolgerung

Bereits die einjährigen Ergebnisse der Leistungsprüfung können einen Eindruck über die Leistungsfähigkeit von Populationen und vergleichbaren Hybriden geben. Die Ergebnisse zeigen, dass Hybride generell einen höheren Ertrag haben als Populationen, die Populationen aber schon sehr nahe an den Ertrag der Hybride heranreichen, vor allem im Vergleich zu Landsorten. Für die Zukunft stellt sich die Frage ob der Ertrag der Populationen durch züchterische Arbeit weiter verbessert werden kann, etwa durch das Setzen von geeigneten Züchtungszielen, die Anwendung neuer Methoden sowie die gezielte Nutzung der Standortanpassungsfähigkeit von Populationen. Hierüber werden die Ergebnisse nach Durchführung der Teilprojekte, wie TP1 zu Züchtungsmethoden für Populationen und TP2 zur Standortangepasstheit und Anpassungsfähigkeit, weitere Erkenntnisse liefern können.

Danksagung

Besonderer Dank geht an BLE und BÖLN für die Ermöglichung des Projekts ZuchtMetPop. Weiterer Dank geht an Dr. Walter Schmidt und Prof. Dr. Heiko Becker für die fachliche Unterstützung.

Literatur

- Alves, M.L., Belo, M., Carbas, B., Brites, C., Paulo, M., Mendes-Moreira, P., et al., Long-term on-farm participatory maize breeding by stratified mass selection retains molecular diversity while improving agronomic performance, *Evolutionary applications*, 2018, 11, 254–270
- Ceccarelli, S., Specific adaptation and breeding for marginal conditions, In: *Breeding Fodder Crops for Marginal Conditions*, Springer, 1994, 101–127
- Eder, B., Büttner, B., Schweizer, G., Mohler, V., Albrecht, T. & Eder, J., Entwicklung von Populationen bei Mais (*Zea mays* L.): Selektionseffizienz und Leistungsfähigkeit, In *Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Freising Weihenstephan, 7. bis 19. März 2017, 2017, 106–109
- Kutka, F., Open-pollinated vs. hybrid maize cultivars, *Sustainability*, 2011, 3, 1531–1554
- Kutka, F.J., New and historical issues concerning open-pollinated maize cultivars in the United States, Cornell University, Aug, 2005
- Lammerts van Bueren, Edith T., Myers, J.R. (Eds.), *Organic crop breeding*, Wiley-blackwell, Oxford, 2012
- Lütke Entrup, N., Schwarz, F.J., Heilman, H. (Eds.), *Handbuch Mais: Grundlagen, Anbau, Verwertung, Ökonomie*, Deutsches Maiskomitee; DLG-Verlag, Bonn, Frankfurt am Main, op. 2013
- Mayer, M., Unterseer, S., Bauer, E., Leon, N. de, Ordas, B., Schön, C.-C., Is there an optimum level of diversity in utilization of genetic resources?, TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik, 2017, 130, 2283–2295
- Mendes-Moreira, P., Patto, C.V., Mota, M., Mendes-Moreira, J., Santos, J.P.N., Andrade, E., et al., „Fandango“: Long term adaptation of exotic germplasm to a Portuguese on-farm-conservation and breeding project, *Maydica*, 2009, 269–285
- Müllner, A., Kunz, P., Methodenentwicklung zum Aufbau von nachbaufähigen Sorten am Beispiel Mais, 2012, <http://www.getreidezuechtung.ch/projekte/mais/methodenentwicklung-zum-aufbau-von-nachbaufahigen-sorten-am-beispiel-mais>, accessed 27 March 2018
- Pixley, K.V. (Ed.), *Hybrid and Open-Pollinated Varieties in Modern Agriculture*, Wiley Online Library, 2006
- Reif, J.C., Hamrit, S., Heckenberger, M., Schipprack, W., Maurer, H.P., Bohn, M., et al., Genetic structure and diversity of European flint maize populations determined with SSR analyses of individuals and bulks, *Theoretical and Applied Genetics*, 2005, 111, 906–913
- Tiwari, T.P., Ortiz-Ferrara, G., Urrea, C., Katuwal, R.B., Koirala, K.B., Prasad, R.C., et al., Rapid gains in yield and adoption of new maize varieties for complex hillside environments through farmer participation. II. Scaling-up the adoption through community-based seed production (CBSP), *Field crops research*, 2009, 111, 144–151
- Wolfe, M.S., Baresel, J.P., Desclaux, D., Goldringer, I., Hoad, S., Kovacs, G., et al., Developments in breeding cereals for organic agriculture, *Euphytica*, 2008, <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9690-9>