

Beispiele zur genetischen Variabilität bei diploiden Artkreuzungen zwischen Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) und Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*)

Genetic variability of diploid hybrids between English ryegrass (*Lolium perenne*) and meadow fescue (*Festuca pratensis*)

Tatjana Lunenberg^{1*} und Stephan Hartmann

Abstract

The amount of meadow fescue (*Festuca pratensis*) in German swards decreased due to more intensive grassland production. As a consequence farmers sowed less and less grassland mixtures including higher percentages of *F. pratensis*. Hence, a new breeding program focused on *Festulolium* started in 2005 at the State Bavarian Research Centre for Agriculture. The main objective was to extend genetic diversity in *F. pratensis* for youth development and tolerance to intensive farming (*Festulolium* as transfer-species). One origin was the diploid Bavarian *Lolium perenne* gene pool with a high level of winter hardiness and fast mass growth after cutting. For initial crosses diploid *F. pratensis* plants were used. During summer 2011 the existing F₁, F₂ and BC₁ plants were evaluated. The tendencies of different varieties to inherit the traits heading date, mass growth, density, rust and leaf spot resistance, and fertility were estimated. The offspring of varieties Matiz, Kabota and Gladio got the best ratings of mass growth and density. The offspring of varieties Orleans and Gladio had highest seed yield. The male and female fertility could be partially restored via crossing different F₁ plants. GISH analyses of F₁ and BC₁ plants visualised the rapid loss of *Festuca* chromatin in further breeding generations. The existing plants form a highly variable initial population which can be used for further research and breeding and will be extended in the future.

Keywords

Diploid, *Festuca pratensis*, *Festulolium*, genetic variability, introgression, *Lolium perenne*

Einleitung

Die Tier- und Pflanzenwelt unterlag von Beginn an dem Zwang sich den verändernden Umweltbedingungen anzupassen. Die moderne Landwirtschaft ist jedoch auf eine schnellere Adaption angewiesen, um die Nahrungsmittelproduktion weltweit nachhaltig sichern zu können. Die Herausforderungen des Klimawandels erhöhen den Druck

zu rascheren Anpassungen. Hier liegt die Verantwortung im Bereich der Tier- und Pflanzenzüchtung. Sie hat seit den Anfängen der Landwirtschaft versucht, die Qualität und den Ertrag landwirtschaftlicher Produkte auch unter veränderten Rahmenbedingungen zu erhalten und zu verbessern.

Das bedeutet für den Bereich der Pflanzenzüchtung u.a. die Übertragung von Resistenzen oder Toleranzen gegen etablierte und auch neue biotische und abiotische Stressoren in leistungsfähige Zuchtsorten. So können Kulturpflanzen auch in Gebieten angebaut werden, die nicht den klimatischen Bedingungen des Ursprungslandes entsprechen oder sich an die Veränderung klimatischer Bedingungen anpassen. Voraussetzung ist hierzu das notwendige Maß an genetischer Variabilität im Ausgangsmaterial eines Zuchtprogrammes. Mit Hilfe des Einkreuzens von Merkmalen aus Landsorten, Wildpflanzen, der Auslösung von Mutationen oder dem Einsatz von Gentechnik kann die Variation im etablierten Material geschaffen werden.

Durch die heute in der landwirtschaftlichen Praxis höhere Nutzungsintensität verlor Wiesenschwingel (*Festuca pratensis* Huds.) in großen Teilen des bayerischen Grünlandes gegenüber anderen Arten stark an Konkurrenzkraft. Damit einher ging der Verlust seiner oft bestandsprägenden hohen Anteile in den Aufwüchsen (HEINZ und KUHN 2008). In Folge der Bestandsveränderung im Grünland nimmt auch seine Tonnage bei den eingesetzten Ansaat- und Nachsaatmischungen ab. Dies wiederum führt zu einer Verarmung des genetischen Pools nicht nur bayerischer Grünlandbestände.

Der Einsatz von *Festulolium* als Transferart hat am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (IPZ) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) das Ziel, durch die Verbesserung der Vielschnittverträglichkeit die Konkurrenzkraft des Wiesenschwingels durch rekurrente Rückkreuzungen zu erhöhen. Winterhärte und Wuchstyp von *F. pratensis* sollen dabei erhalten bleiben. Als Kreuzungspartner wurden Wiesenschwingel (*Fp*) und Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.) (*Lp*) ausgewählt. Letzteres ist das am stärksten züchterisch bearbeitete Futtergras und durch seine hervorragende Schmackhaftigkeit, Vielschnittverträglichkeit und hohen Ertrag sehr wertvoll. Der Wie-

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 4, D-85354 FREISING

* Ansprechpartner: Tatjana LUNENBERG, tatjana.lunenberg@lfl.bayern.de



senschwingel hat einen etwas geringeren Futterwert, wird im Grünland durch Vielschnitt aus dem Pflanzenbestand verdrängt, besticht jedoch durch seine Toleranzen gegenüber abiotischen Stress. Die Hybriden der Gattungen *Festuca* und *Lolium* werden als *Festulolium* bezeichnet.

Im Folgenden werden die bisherigen Ergebnisse von Arbeiten zur Artbastardisierung vorgestellt, die seit 2005 mit dem Ziel die genetische Variabilität bei Futtergräsern zu erhöhen bei IPZ laufen. Der erste Schritt für diesen Zuchtgang ist die Schaffung einer Ausgangspopulation, die sich durch Kreuzungsbarrieren jedoch als schwierig erweist. Vor allem die geringe männliche und weibliche Fertilität der F_1 Pflanzen stellt ein Problem für die weitere Züchtung dar. Um die gewünschte phänotypische und genetische Variabilität zu erzielen, müssen daher Methoden etabliert werden, die diese Kreuzungsbarrieren überwinden und das Material weiteren Züchtungsschritten zugänglich machen. Nach Etablierung der unter den Rahmenbedingungen der Arbeitsgruppe erfolgversprechendsten Methode sind folgende Fragen zu erörtern:

- (i) In welchem Umfang ist die Kombinationsfähigkeit von Wiesenschwingel und Deutschem Weidelgras von der Kombinationseignung einzelner Individuen oder Sorten abhängig?
- (ii) Gibt es Eigenschaften, die vorwiegend von bestimmten Einzelpflanzen oder Sorten vererbt werden?
- (iii) Treten bei der Kreuzung der Arten *F. pratensis* und *L. perenne* reziproke Effekte auf?
- (iv) Kann die Fertilität der F_1 Pflanzen wieder hergestellt werden?

Die vorliegende Arbeit sollte die genetische Variation der bereits vorhandenen *Festulolium* Population erfassen und Impulse für die folgenden Kreuzungsarbeiten geben.

Material und Methoden

Aufgrund unzureichenden Zuchtfortschrittes beim Merkmal Vielschnittverträglichkeit begann man an der LfL 2005 mit der Etablierung der Gattungsbastardisierung zur Erweiterung der genetischen Variabilität bei Gräsern. Aufgrund des zu bearbeitenden Genpools konzentrierte man sich bewusst auf Kreuzungen von diploidem Material bei Deutschem Weidelgras und Wiesenschwingel. Zu Beginn wurden verschiedene Methoden auf ihre Eignung unter den Rahmenbedingungen in der Arbeitsgruppe geprüft. Hierzu griff man auf bereits vorhandenes und vernalisiertes Sortenmaterial des Beobachtungssortiments (Parzellenanlage) zurück, da sich der Aufwand eines speziellen Anbaues noch nicht lohnte. Nach der grundsätzlichen Etablierung der Methode, die bei gegebenem Personalaufwand die höchste und sicherste Zahl an Kreuzungsprodukten ergab, wurde nur noch bei mangelnder Pflanzenverfügbarkeit 2007 und 2008 auf Material aus dem Beobachtungssortiment zurückgegriffen. Im Jahr 2006 konnten aufgrund eines Mitarbeiterwechsels keine Kreuzungen durchgeführt werden.

Kreuzungstechnik

Einzelne im Freiland vernalisierte Mutterpflanzen wurden im April vor dem Ährenschieben aus dem Zuchtgarten ausgegraben und ins Gewächshaus umgesiedelt. Hier konnte der Zeitpunkt der Blüte je nach Bedarf vorgezogen

oder verzögert werden, d.h. die Blühzeitpunkte der beiden Elternpflanzen wurden synchronisiert. Das war nötig, da die verwendeten Sorten des Deutschen Weidelgrases aus allen Reifegruppen stammten und damit für das Merkmal Ährenschieben einen Zeitraum von etwa 5 Wochen abdeckten, während die Variabilität bei Wiesenschwingel für dieses Merkmal deutlich geringer war. Laut Bundessortenamt (BSA) betrug diese für die Masse der Sorten lediglich 6 Tage. Erst mit der Zulassung der Sorte Kolumbus wurde diese Spanne 2004 auf 12 Tage ausgeweitet (BSA 2009). Der Zeitraum für das Ährenschieben bei Wiesenschwingel deckte sich somit bei den meisten Sorten mit dem Zeitraum der Weidelgrassorten mit der Einstufung früh bzw. früh bis mittel. Aufgrund der kompakteren Ährenform, die eine leichtere und sichere Kastration versprach, wurde im Regelfall Deutsches Weidelgras als Mutterpflanze verwendet. Im Jahr 2011 wurde erstmals die Eignung von Wiesenschwingel in Bezug auf praktische Handhabbarkeit als Mutterpflanze geprüft. Von Interesse war die Frage, ob evtl. maternale Effekte am verwendeten Material beobachtet werden können.

Kurz vor der Blüte wurden die Ähren oder Rispen kastriert. Mit Hilfe einer Pinzette wurden pro Blütchen drei Antheren entfernt. Der optimale Zeitpunkt für die Kastration war kurz vor dem Austritt der Antheren aus den Blütchen. Kastrierte Ähren oder Rispen wurden mit Papiertüten isoliert, fixiert und fortlaufend nummeriert. Ein bis zwei Tage nach der Kastration waren im Idealfall die Narbenfäden deutlich zu erkennen und es konnte bestäubt werden. Eine Ähre des Deutschen Weidelgrases war, durch die überschaubare Anzahl Blütchen pro Ähre, schneller zu kastrieren als die Doppeltrauben des Wiesenschwingels, so dass *L. perenne* als Mutterpflanze bevorzugt wurde.

Die Pollenspender blühten an einem windstillen Ort. Kurz vor der Blüte wurden 20 Ähren oder Rispen pro Pflanze abgeschnitten und in mit Wasser gefüllte Gefäße gestellt. Dadurch ging der Pollen nicht vor der Bestäubung verloren. Der Stress des Abschneidens und die starke Temperaturerhöhung bewirkten ein starkes Vorziehen des Blühzeitpunktes.

Zur Bestäubung wurden die Isoliertütchen von den Ähren oder Rispen entfernt und der Pollen des jeweiligen Elters darüber gestäubt. Um die Sicherheit der Bestäubung zu erhöhen, wurde aufgrund der Blühbiologie dies an mehreren aufeinander folgenden Tagen wiederholt. Grund hierfür ist, dass nicht alle Blütchen einer Ähre gleichzeitig blühen. Nach Möglichkeit wurde pro Ähre bzw. Rispe immer dieselbe Vaterpflanze verwendet. War dies nicht möglich, griff man auf eine andere Pflanze der gleichen Sorte zurück. Nach der Bestäubung wurden die Ähren oder Rispen wieder mit Papiertütchen isoliert. Ob der Bestäubung eine Befruchtung folgte, war durch das Einziehen der Narbenfäden zu erkennen, ungefähr zwei Tage nach der ersten Bestäubung. Zu diesem Zeitpunkt wurde eine Dicamba 3,6-Dichlor-2-methoxybenzoesäure) Lösung (synthetisches Auxin) in den Halm gespritzt. Der Einstich erfolgte knapp über dem letzten Halmknoten. Eine weitere Einstichstelle wurde direkt unter dem basalen Ährchen gesetzt. So wurde die erfolgreiche Injektion der Flüssigkeit überprüft. Mit Vaseline wurden die verletzten Stellen des Halmes verschlossen, um das Absterben des Triebes zu verhindern. Die Hormonlösung förderte die Entwicklung von Embryonen.

In den Isoliertütchen begannen sich Karyopsen zu bilden. Es folgte der *embryo rescue* Schritt. Zwei Wochen nach der Bestäubung schnitt man die Ähren oder Rispen ab und extrahierte die Karyopsen aus den Blüten. Die Karyopsen wurden desinfiziert und unter dem Binokular auf Embryonen überprüft. Waren diese vorhanden, wurden sie aus dem distalen Bereich der Karyopsen herausgeschnitten. Erleichtert wurde dieser Vorgang durch das wässrige Endosperm. Karyopsen die Mehlkörper gebildet hatten, wurden bei der Herstellung von F₁ Pflanzen als Selbstung aussortiert. Durch die *seed incompatibility* zwischen *Festuca* und *Lolium* wurde davon ausgegangen, dass es zu keiner doppelten Befruchtung kommt. Das heißt, der Spermakern verschmolz nicht mit dem diploiden Embryosackkern zum triploiden Endospermkern und es entstand kein funktionsfähiges Endosperm (GYMER und WHITTINGTON 1973). Bei Rückkreuzungen wurden auch diese Embryonen extrahiert. Die Embryonen wurden in Petrischalen auf Nährmedium gesetzt. Die Spross- und Wurzelbildung setzte bei Raumtemperatur und Dunkelheit ein. Nach weiteren Schritten, in denen die Pflänzchen immer wieder umgesetzt wurden, um Hygiene und Nährstoffvorrat zu erhalten und durch Lichteinwirkung die Chlorophyllbildung anzuregen bzw. zu ermöglichen, wurden sie zwei Monate nach Rettung des Embryos in die Erde gesetzt. Zum Frühjahr hin wurde jede Pflanze dreifach verklont und an zwei Standorten ausgepflanzt. Ein Klon verblieb im Gewächshaus, um Ausfälle auf dem Feld nachpflanzen zu können. So konnte jeder Genotyp an einem Standort (Labor oder Pulling) beerntet werden und verblieb am anderen durch häufigen Schnitt zur Erhaltung im vegetativen Stadium. Letzteres ist nötig, um das Ausfallen von Samen in den Klon selbst zu vermeiden, da in diesem Fall die Gefahr genetisch uneinheitlicher Mischhorste aus Elter und Nachkommen bestehen würde. Der Kreuzungserfolg aus dem Jahr 2005 ging 2008 in die Klonbeobachtung. Im Jahr 2007 blühten ausgewählte Hybriden der Kreuzung 2005 in Weizenisolationen frei ab. Gleichzeitig versuchte man im Gewächshaus die Rückkreuzung mit Wiesenschwingel durch freies Abblühen zu erreichen. Durch mangelnde Blühsynchronisation der Pflanzen war dieses Vorhaben nicht erfolgreich und die Pflanzen blühten ebenfalls frei ab. Aus beiden Versuchen wurde Saatgut geerntet. In den folgenden Jahren ging man zur Erzeugung der Rückkreuzungen wie bei der Herstellung der F₁ Pflanzen vor.

Im Jahr 2011 wurden aus arbeitswirtschaftlichen Erwägungen (Optimierung des Arbeitskraftbedarfs pro grüner verifizierter Nachkommenpflanze) die *Festulolium* (FEL) Pflanzen aufgrund der gewonnenen Erfahrung mit der männlichen Sterilität der geplanten Mutterpflanzen nicht kastriert und direkt in Papiertüten isoliert, mit Wiesenschwingelpollen bestäubt, Dicamba gespritzt und die Embryonen extrahiert.

Genetische Analysen

Um die Gattungskreuzung zu verifizieren und somit Selbstungen auszuschließen, wurden die Nachkommen mit Hilfe von AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) genetisch analysiert. Hierzu musste jede Probe mindestens 100 mg Blattmaterial umfassen. Pro Pflanze wurden eine

A und einen B Probe gezogen, die dann gefriergetrocknet und gemahlen wurden. Das Fingerprinting der DNA erfolgte in drei Schritten: (1) Restriktion der DNA und Ligation oligonukleotider Adapter, (2) selektive Amplifikation ausgewählter Restriktionsfragmente und (3) Gelanalyse der amplifizierten Fragmente. Restriktionsfragmente wurden durch selektive PCR mit Hilfe von vier Primerkombinationen amplifiziert (VOS et al. 1995).

Für die GISH (*Genomic In Situ Hybridization*) Analyse, die von Dr. David Kopecký (Institute of Experimental Botany AS CR, Olomouc, CZ) durchgeführt wurde, mussten saubere, frische Wurzelspitzen fixiert werden. Insgesamt wurden 60 Pflanzen in Hydropony, einer Hydrokultur mit spezieller Nährlösung, kultiviert.

Merkmalsbonituren

Die Bonituren wurden eng angelehnt an die *Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen* sowie den *Richtlinien zur Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit* durchgeführt (BSA 2000, UPOV 2002). Die Pflanzen wurden entweder als Einzelpflanze oder in einer Klonbeobachtung bewertet.

Da die Ausbeute an Embryonen aus der F₁ Generation aufgrund der schlechten Fertilität sehr gering war, wurden Merkmale zur Bestimmung der Fertilität erhoben. Zum einen wurde der Samenertrag von einigen Pflanzungen erfasst. Normalerweise handelte es sich dabei um die Pflanzungen in Pulling. Bei den Pflanzungen am Labor sollten die Einzelpflanzen erhalten bleiben. Zum anderen wurden die Anzahl Embryonen pro entwickelte Körner und Anzahl entwickelter Pflanzen gewertet. Zusätzlich versuchte man, die männliche Fertilität der Nachkommen zu erfassen. Dazu wurde der Pollen mit Iod-Kaliumiodid-Lösung (Lugol'sche Lösung) angefärbt. Bei allen Bonituren wurde die Ausprägung des Merkmals erhoben, das heißt hohe Noten waren z. B. bei der Bonitur Massenbildung als positiv, bei der Bonitur Anfälligkeit gegenüber Rost als negativ zu bewerten.

Statistik

Die Daten wurden je nach Struktur entweder mit einer üblichen Varianzanalyse ausgewertet oder ein gemischtes Modell (*mixed model*) verwendet. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS Vers. 9.2 (SAS Institute, Cary, NC). Für die Bonituren Massenbildung und Dichtigkeit kam die Prozedur MIXED zum Einsatz, die sowohl die wiederholte Bewertung der Einzelpflanzen innerhalb eines Jahres (*repeated measurements*) als auch verschiedene Bonitur- und Nutzungsjahre miteinbeziehen konnte. Die übrigen Bonituren wurden mit der Prozedur GLM analysiert. Auch wenn die Standorte Pulling und Labor räumlich nahe lagen, wurden sie als verschiedene Orte gewertet. Bei Vergleichen zwischen Eltern und Nachkommen wurde auf den Standort Labor zurückgegriffen, da sich nur dort Elternpopulationen befanden. Beim Vergleich der Nachkommenschaften untereinander wurden beide Standorte herangezogen. Der Samenertrag wurde nur an jeweils einem Standort erfasst. Der Kreuzungserfolg 2005 und 2008 wurde am Standort Labor beerntet, während die übrigen Pflanzen am Standort

Pulling beerntet wurden. Die geschätzten Prozentzahlen bei der Bonitur der Pollenfertilität wurden vor der Auswertung mit $\sin\sqrt{x}$ transformiert. Da es sich bei der Auswertung der weiblichen und männlichen Fertilität und des Merkmals Ährenschieben, um jeweils Erhebungen an einem Ort handelte, wurde nur die Variable Familie als Einflussfaktor gewertet. Bei der Auswertung der Krankheitsbonituren wurde der Faktor Ort mit einbezogen. Für die Auswertung der mehrfach wiederholten Bonituren auf Massenbildung und Dichtigkeit wurde jeweils das gemischte Modell angewendet.

Ergebnisse

Genetische Analysen

Bei der AFLP Analyse des Rückkreuzungserfolgs 2010 konnten bei jedem Nachkommen vier Markerstellen gefunden werden, die sowohl die Rückkreuzung verifizierten als auch den Vater identifizierten. Bei späteren Züchtungsgenerationen ist zu erwarten, dass eine höhere Anzahl an Primerkombinationen nötig sein wird. Mit der GISH Methode konnten die *Festuca* und *Lolium* Chromosomen unterschiedlich angefärbt werden. Unter den zu verifizierende F_1 Pflanzen wurden acht Pflanzen als Nachkommen nur von Weidelgras identifiziert. In den meisten Fällen lieferte die AFLP Analyse die gleichen Ergebnisse. Ausnahme waren die Pflanzen FEL26 und FEL27 aus dem Kreuzungsjahr 2007. Dabei handelte es sich um NK Niata. Nach Auswertung der AFLP Daten wurden diese als Kreuzungen identifiziert.

Es wurden zwei BC Pflanzen aus dem Jahr 2010 und fünf Pflanzen aus dem Jahr 2011 untersucht. Nicht alle Wurzelspitzen wiesen eine ausreichende Qualität auf, um die Untersuchung durchzuführen. Von den Pflanzen die mit hinreichender Sicherheit untersucht werden konnten, wiesen vier der Pflanzen aus 2011 mehr *Lolium* als *Festuca* Chromosomen auf. Eine Pflanze aus 2010, die analysiert werden konnte, dagegen 8 *Festuca* und 6 *Lolium* Chromosomen. Nur bei dieser letzten Pflanze konnte man von einer erfolgreichen Rückkreuzung zu *Festuca* ausgehen. Bei den anderen handelte es sich um Rückkreuzungen zu *Lolium*. Es fand sich auch eine Pflanze, die nahezu triploid war. Bei diesen Pflanzen war meist ein rapider Verlust an *Festuca* Chromatin zu beobachten. In jeder der BC Pflanzen waren Translokationen nachweisbar.

Fertilität und Kreuzungsnachkommen

Bei der Analyse der Variable „Erhaltene Nachkommen pro kastrierter Ähre“ innerhalb der verwendeten Deutschen Weidelgräser konnte nur die Sorte Barata ein signifikant besseres Niveau als die übrigen *Lp* Sorten erreichen. Allerdings wurde von dieser Pflanze im Jahr 2011 nur eine Ähre kastriert. Dadurch war nur der Wert einer Wiederholung verfügbar. Die errechnete Signifikanz steht also auf einer sehr geringen Datenbasis, die erst durch weitere Ergebnisse bestätigt werden muss. Immerhin erhielt man aus dieser Barata Ähre 17 Nachkommen. Absolut gesehen war die Sorte Ivana im Vergleich der Deutschen Weidelgräser mit einem Maximum von 26 Nachkommen pro kastrierter Ähre im Jahr 2010 am erfolgreichsten. Bezogen auf *Lp* und *Fp* war

eine Einzelpflanze aus einem Wiesenschwingel Polycross, WSC 29/7, mit 73 Nachkommen pro kastrierter Ähre am ertragreichsten. Bei einem Vergleich der zwei verwendeten Wiesenschwingel mit allen *Lp* Pflanzen stellte sich auch die bereits genannte Einzelpflanze WSC 29/7 als signifikant am besten heraus, wobei sie eine Spannweite von 6 bis 73 Nachkommen pro Ähre aufwies.

Der Unterschied bezüglich der Anzahl der erhaltenen Nachkommen bezogen auf die Anzahl extrahierter Körner war zwischen den F_1 Pflanzen und Wiesenschwingel als Mutter bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% signifikant verschieden. Deutsches Weidelgras unterschied sich weder von Wiesenschwingel noch von den F_1 *Festulolii*. Damit ließ sich für das verwendete Material die Aussage treffen, dass Wiesenschwingel tendenziell mehr Embryonen pro Anzahl angelegter Körner bildete. Eines der Hauptprobleme bei der Herstellung von F_1 und BC_1 Nachkommen war, dass oft nicht nur die Endosperm Bildung unterblieb, sondern, dass in den Karyopsen auch die Embryonen fehlten.

Der Erfolg der Kreuzung von Hand hing nicht nur von der Kombinationsfähigkeit der Elternpflanzen ab, sondern hauptsächlich von der technischen Handhabung der Kreuzung. Da die Narbenfäden einer Ähre gestaffelt aus den Spelzen hervortraten, wurden sie mehrmals bestäubt. Fraglich war, ob vom Pollenalter zwei bis drei Tage nach der ersten Bestäubung immer noch genug Pollen zur Verfügung stand und dieser überhaupt noch fertil war. Bei der Verwendung von Wiesenschwingel als Mutterpflanze konnten wesentlich mehr fertile Pflanzen gewonnen werden, wenn deren Zahl auch stark schwankte. Da die Pflanzen aber zum Zeitpunkt des Beitrages noch nicht als Kreuzungsnachkommen verifiziert waren, ist dieses Ergebnis bis dahin nur als Hinweis zu werten. Der Grund für das günstige Ergebnis des Wiesenschwingels lag vermutlich nicht am Einsatz des Wiesenschwingels als Mutterpflanze, sondern daran, dass Deutsches Weidelgras als Vaterpflanze verwendet wurde. Bei einigen Testanfärbungen mit Lugol'scher Lösung erschien der Pollen von Deutschem Weidelgras fertiler. Eventuell war also die zu den bisher üblichen Kreuzungen reziproke Kreuzung aufgrund der Vater- und nicht der Mutterpflanze erfolgreicher. Bei den Rückkreuzungen war, wie die GISH Untersuchungen zeigten, ebenfalls Weidelgraspollen wesentlich erfolgreicher. Vor allem bei der Rückkreuzung sollte also in Zukunft auf eine sehr gründliche Isolierung geachtet werden. Gerade die starken Schwankungen bei Betrachtung nur einer Pflanze ließen auf die starken Effekte der mechanischen Belastung und die Blüte schließen.

Bezüglich der Fertilität der F_1 Generation ($Lp \times Fp$) gegenüber der F_2 Generation (FEL \times FEL und FEL \times ?) und BC_1 Fp Pflanzen (FEL \times Fp) zeigte sich, dass die männliche Fertilität durch Rückkreuzung mit *Lp* oder Erstellung der F_2 Generation wieder restauriert werden konnte. Im Gegensatz dazu konnte bei der BC_1 Fp nur bei individuellen Pflanzen eine hinreichende männliche Fertilität festgestellt werden. Zu beachten war, dass bei den F_2 Pflanzen ein hohes Maß an Variabilität vorhanden war und somit nicht alle Pflanzen fertil waren. Bei einer Pflanze wurde gar keine Antherenbildung beobachtet. Beim Vergleich der F_1 Pflanzen mit den F_2 Pflanzen Nr. 163 (FEL \times ?) und Nr. 164 (FEL \times FEL)

und den BC₁ Pflanzen bezüglich Pollenfertilität konnten signifikante Unterschiede zwischen F₁ Pflanzungen und den F₂ Pflanzungen Nr. 163 und Nr. 164 festgestellt werden. Die BC₁ unterschied sich nicht signifikant von der F₁. Tendenziell wiesen die Pflanzen der Pflanzung Nr. 163 die beste Pollenfertilität auf. Dies könnte zusätzlich darauf hinweisen, dass es sich um Rückkreuzungen zu Deutschem Weidelgras handelte. Es gab jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den definierten F₂ (FEL×FEL) aus Pflanzung Nr. 164, deren Elternpflanzen in Weizenisolationen abblühten und den Pflanzen aus Nr. 163 (Abbildung 1).

Betrachtete man den Samen-ertrag, der als Schätzer für die weibliche Fertilität der Pflanzen dienen sollte, so zeigte sich, dass dieser stark standortabhängig war. Eine Pflanzung war stark von Mutterkorn befallen, zwei Pflanzungen befanden sich an einem Standort, wo vermutlich nicht genug Pollen von Weidelgras oder Wiesenschwingel zur Verfügung stand. Die Pflanzungen am Standort Labor lieferten einen signifikant geringeren Samen-ertrag als die Pflanzungen in Pulling. Bei der Auswertung der anderen F₁ Pflanzungen stellte sich heraus, dass innerhalb des Kreuzungserfolgs 2009 die NK Orleans einen signifikant höheren Samen-ertrag lieferten. Innerhalb des Kreuzungserfolgs 2007 zeigte die Nachkommenschaft von Gladio im Vergleich zur Nachkommenschaft von Lipreso ebenfalls ein höheres Niveau. Bei den F₂ Pflanzungen konnten aufgrund hoher Variabilität keine signifikanten Unterschiede zwischen den Nachkommen-schaften gezeigt werden. Die F₂ Pflanzung Nr. 163 wies einen signifikant höheren Samen-ertrag auf als die F₁ Pflanzungen, die F₂ Pflanzung Nr. 164 und die Pflanzen aus Rückkreuzung zu Wiesenschwingel (Nr. 1871). Pflanzung Nr. 164 unterschied

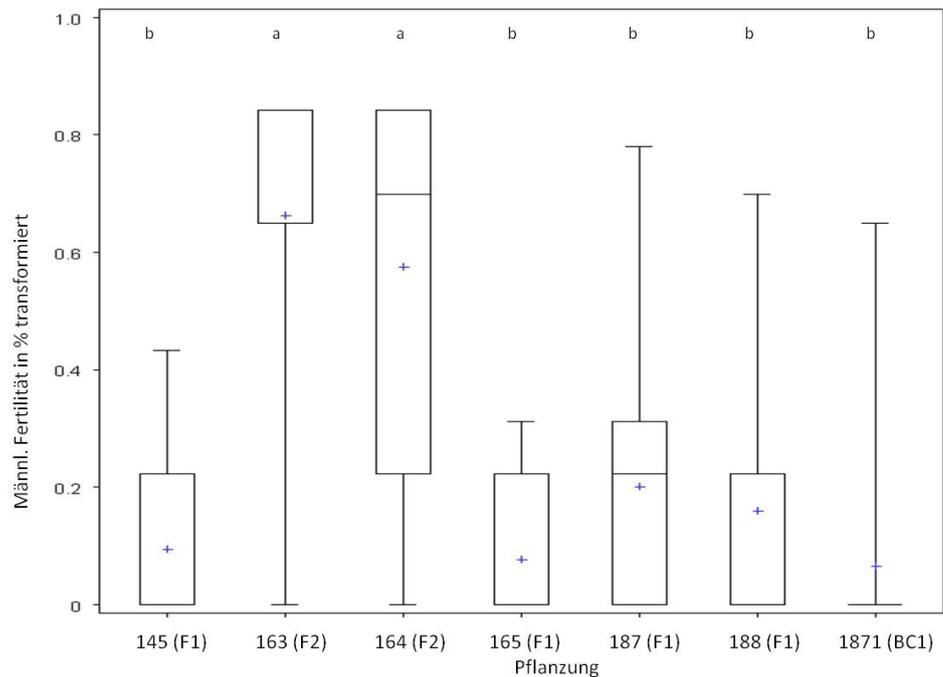


Abbildung 1: Männliche Fertilität der Pflanzen aufgeteilt nach Pflanzungen (Kreuzungsjahren). Bei 145, 165, 187 und 188 handelt es sich um F₁ Pflanzungen (Lp×Fp); 163 = FEL×?; 164 = FEL×FEL; 1871 = FEL×Fp (Gleiche Buchstaben weisen auf keine signifikanten Unterschiede hin)

Figure 1: Male fertility (%) of plants of different plantings (crossing years). 145, 165, 187 and 188 are F₁ plants (Lp×Fp); 163 = FEL×?; 164 = FEL×FEL; 1871 = FEL×Fp (same letters indicate non significant differences)

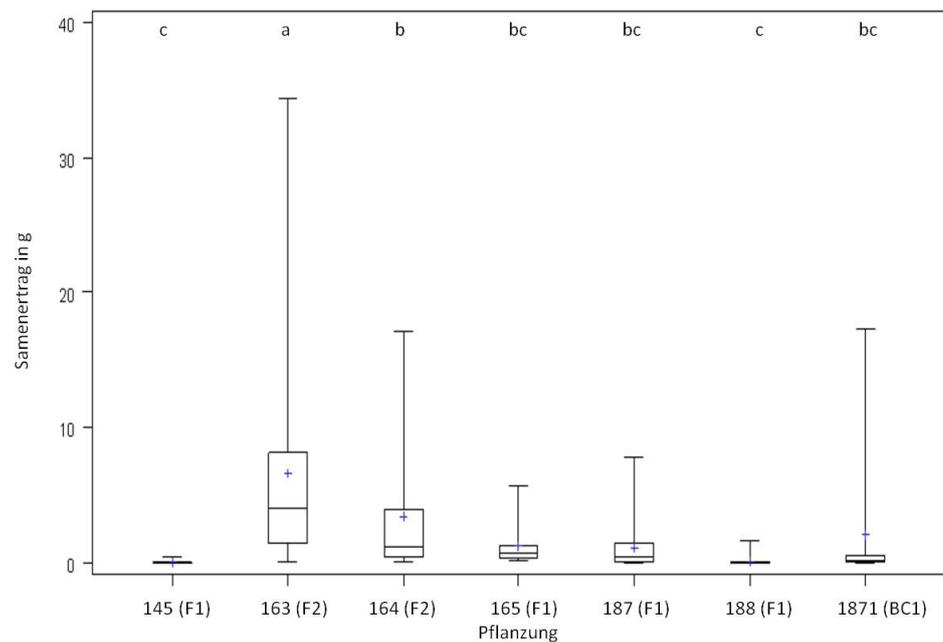


Abbildung 2: Samenertrag (g) pro Pflanze aufgeteilt nach Pflanzungen (Kreuzungsjahren). Bei 145, 165, 187 und 188 handelt es sich um F₁ Pflanzungen (Lp×Fp); 163 und 164 sind BC₁ Lp oder F₂; 1871 sind BC₁ Fp (Gleiche Buchstaben verweisen auf nicht signifikante Unterschiede)

Figure 2: Seed yield (g) per plant of different plantings (crossing years). 145, 165, 187 and 188 are F₁ plants (Lp×Fp); 163 and 164 are BC₁ Lp or F₂; 1871 are BC₁ Fp (same letters indicate non significant differences)

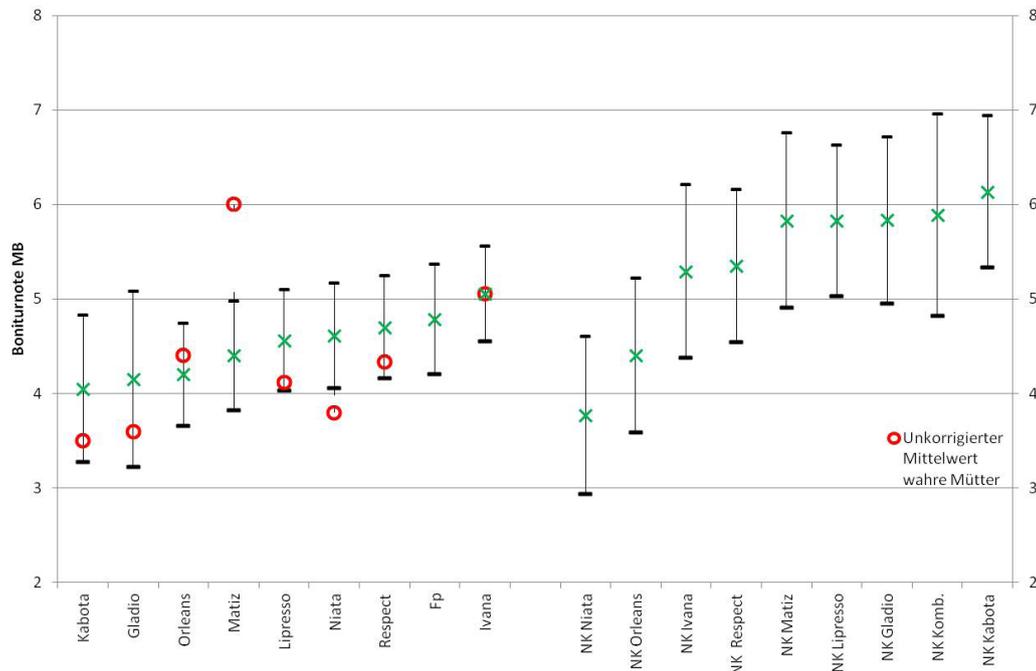


Abbildung 3: Mittelwerte aller Bonituren Massenbildung. Vergleich der Nachkommenschaften innerhalb eines Kreuzungsjahres (Mittelwerte mit demselben Buchstaben sind nicht signifikant verschieden)

Figure 3: Mean score values for biomass growth. Comparison of progenies within the same crossing year (Mean values with the same letter are not significant different)

sich signifikant von den F_1 Pflanzungen, die am Standort Labor beerntet wurden (Nr. 145a, Nr. 188) (Abbildung 2).

Merkmalsbonituren

Mit der SAS Prozedur MIXED wurden die einzelnen Boniturnoten für Massenbildung über Nutzungsjahre und Standorte verrechnet. Die Unterschiede zwischen den Nachkommen sind in Abbildung 3 dargestellt. Das gleiche Verfahren wurde zum Vergleich der Elternsorten verwendet. Signifikante Unterschiede waren hier nicht erkennbar. Im Ranking der Elternsorten wies die Sorte Ivana den höchsten Mittelwert bezüglich der Bonitur Massenbildung auf. Die Nachkommen der Sorten Respect, Ivana, Niata und Orleans wurden am schlechtesten bewertet. Beim Vergleich innerhalb von Pflanzungen, bei dem das Alter der Pflanzen als Einflussfaktor vernachlässigt werden konnte, bestätigte sich die Rangfolge des eingesetzten Elternmaterials im Kreuzungserfolg der Jahre 2007 und 2009. Nachkommen von Niata, die auch im Kreuzungsjahr 2010 entstanden, waren ebenfalls leistungsschwächer als die Vergleichsnachkommenschaften. In den Jahren 2009 und 2010 wurden identische Mutterpflanzen verwendet.

Aufgrund der großen Variabilität und einer zu kleinen Datenmenge konnten Signifikanzen weder beim Vergleich der Nachkommenschaften untereinander noch der Eltern nachgewiesen werden. Durch die aufsteigende Sortierung der Mittelwerte lassen sich aber zumindest Tendenzen erkennen.

Die Nachkommen der Sorten Ivana, Niata und Respect zeigten geringere Ausprägungen bei den beobachteten Merkmalen als die Elternsorte. Bei den Nachkommen der Sorten Kabota und Gladio wurden hingegen höhere Aus-

prägungen als bei den Eltern verzeichnet. Die restlichen Nachkommenschaften blieben gegenüber ihren Elternpopulationen konstant. Bei der Betrachtung der verschiedenen Kreuzungsjahre wurden aus dem Kreuzungsjahr 2007 die NK Kabota, aus dem Kreuzungsjahr 2008, die NK Gladio, aus dem Kreuzungsjahr 2009 die NK Lipresso und aus dem Kreuzungsjahr 2010 die NK Matiz mit den höchsten Bonituren für Massenbildung bewertet.

Beim Merkmal Dichtigkeit wurde bei der Auswertung vorgegangen wie beim Merkmal Massenbildung. Die Nachkommenschaften und die Elternsorten bzw. -populationen wurden jeweils untereinander verglichen (Abbildung 4). Bei beiden Auswertungen zeigten sich beim gewählten Signifikanzniveau keine Unterschiede. Die Wiesenschwingelpopulation wies einen höheren Mittelwert für Dichtigkeit auf als die Sorte Gladio. Da nur eine einzige Pflanze der Sorte Gladio auf der Beobachtungsfläche stand, ist zu berücksichtigen, dass der Vergleich sich nur auf diese beziehen kann. Der nicht korrigierte Mittelwert der wahren Mutterpflanzen war relativ konstant mit den korrigierten Mittelwerten der Sorten.

Bei den Nachkommenschaften der Sorten Gladio, Matiz, Lipresso und Kabota wurden höhere Ausprägungsstufen erfasst als bei den Weidelgras-Eltern. Der Nachkomme des Kombinationsklons konnte nicht mit seiner Mutterpflanze verglichen werden, da letztere ausgefallen war. Die Nachkommen von Orleans, Respect und Niata konnten beim Merkmal Dichtigkeit die Boniturnoten ihrer maternalen Elternpopulationen nicht erreichen. Bei der Kreuzung mit Wiesenschwingel wäre im Grunde eine Abnahme des Merkmals Dichtigkeit bei allen Nachkommen zu erwarten gewesen.

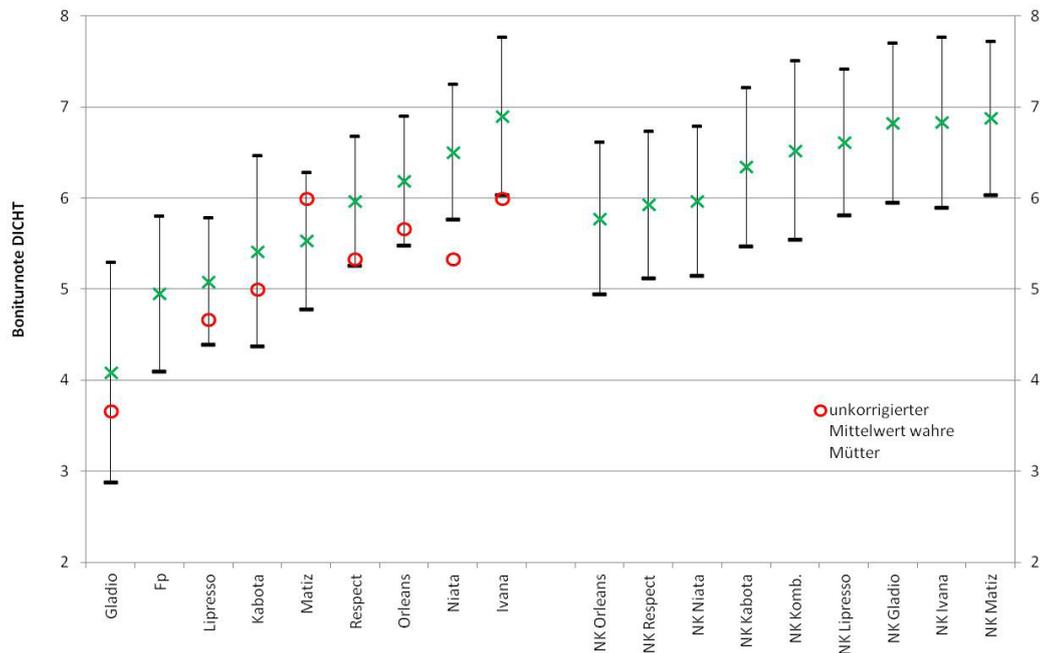


Abbildung 4: Vergleich der Elternsorten (rechts) und ihrer Nachkommenschaften (links) bezüglich des Merkmals Dichtigkeit
Figure 4: Comparison of parental genotypes (right) and their progenies (left) in regard to density

Diese blieb jedoch bis auf die bereits erwähnten Populationen auf dem ursprünglichen Niveau erhalten.

In den meisten Fällen waren Mutterpflanzen und Nachkommenschaften in verschiedenen Jahren gepflanzt worden und hatten somit ein unterschiedliches Alter. Die Nachkommenschaften hatten ebenfalls nicht das gleiche Alter. Das Alter der Pflanzen hat jedoch in der Regel Auswirkung auf dessen Größe und dadurch auch auf andere Merkmale. Um die Sorten bzw. die Nachkommenschaften vergleichbar zu machen, wurden jeweils nur Muttersorten und Nachkommenschaften untereinander verglichen. Die Muttersorten bzw. -pflanzen hatten einen Altersunterschied von max. 2 Jahren. Die meisten Pflanzen der Elternsorten wurden in den Jahren 2009 und 2010 gepflanzt. Bonituren wurden nur im Jahr 2011 durchgeführt. Im Gegensatz dazu wurden die F_1 und F_2 Pflanzen in mehreren aufeinander folgenden Jahre in unterschiedlicher Häufigkeit bonitiert. In diesem Fall wurden im Rahmen der statistischen Verrechnung die Boniturnote je nach Alter der Pflanzen korrigiert.

Bei Hinzunahme der Elternpopulationen war dies aufgrund zu vieler fehlender Datensätze nicht möglich. Deshalb wurden Muttersorten und Nachkommenschaften getrennt verglichen und Veränderungen der Rangfolge interpretiert. Da es sich bei den Muttersorten aber um sehr weit streuende Populationen handelte, von denen nur einzelne Individuen als Elternpflanzen selektiert worden waren, musste die Qualität der Mutterpflanze innerhalb der Population ebenfalls berücksichtigt werden. Dennoch wurden zumindest Tendenzen erkennbar. Die gleichen Probleme traten bei der Bonitur Dichtigkeit auf und wurden analog gelöst. Bezüglich Massenbildung erhielt die Sorte Ivana den besten Mittelwert. Trotz der guten Qualität der tatsächlich verwendeten, also wahren Mutterpflanze, die im Mittel der Sorte lag, konnte diese Eigenschaft nicht an die Nachkommenschaft weiter

gegeben werden. Diese schnitt im Vergleich zu anderen Nachkommenschaften verhältnismäßig schlecht ab. Für die Kreuzungen mit der Sorte Matiz wurde eine Mutterpflanze mit hoher Ausprägungsstufe ausgewählt, was die Dominanz der Nachkommenschaften erklärte. Allerdings ist es möglich, dass hier das Modell nicht genug Daten für eine Auswertung zur Verfügung hatte, weil sowohl die Population der Muttersorte Matiz sowie deren Nachkommen, die im Kreuzungsjahr 2010 entstanden, vergleichsweise jung waren. Die Mutterpflanzen aus den Sorten Niata und Respect lagen im Mittel unter dem Durchschnitt der Sortenleistung. Diese Mittelwerte wurden aber nicht durch die SAS Prozedur MIXED korrigiert, enthielten also nur den einfachen Durchschnitt der vorhandenen Mutterpflanzen. Im Besonderen war diese Korrektur durch das SAS Programm bei der Sorte Kabota und Gladio erkennbar. Von diesen befanden sich außer den wahren Mutterpflanzen keine anderen Genotypen der Sorten auf der Beobachtungsfläche. Das Statistikprogramm korrigierte die Werte also nach oben hin. Die wahre Mutterpflanze Matiz wurde dagegen in der Bewertung nach unten gestuft. Dadurch wurde die Rangfolge, die sich bei den Nachkommen durch die SAS Prozedur ergab, relativ gut haltbar. Die Wiesenschwingel Population auf der Beobachtungsfläche wurde relativ gut bewertet. Dies lag vermutlich daran, dass in der direkten Nachbarschaft dieser Population keine Deutschen Weidelgräser zum Vergleich standen. Die Deutschen Weidelgras Sorten wurden direkt nebeneinander angebaut und waren somit einfacher zu vergleichen. Bei der Betrachtung der einzelnen Kreuzungsjahre fiel auf, dass sich die Bewertung der NK Lipresso von Kreuzungsjahr 2007 zu 2008 stark änderten. Es ist zu vermuten, dass für die Vererbung des Merkmals Massenbildung der Einfluss des einzelnen Genotyps generell höher zu bewerten ist, als der Einfluss der Sorte aus dem dieser stammt.

Um die Elternpopulationen mit den Nachkommenschaften zu vergleichen, wurde nur die Bonitur Ährenschieben des Jahres 2011 und von diesen nur die Werte vom Standort Labor herangezogen.

Insgesamt begann die Wiesenschwingelpopulation früher mit dem Rispschieben als die Weidelgräser. Ausnahme waren die Sorten Ivana, Lipresso und Gladio, deren Ährenschieben noch früher war. Der Kombinationsklon, der 2008 für Kreuzungen verwendet wurde, war vermutlich auch ein früherer Typ als Wiesenschwingel. Die Häufigkeitsverteilungen der NK Orleans und NK Lipresso lagen zwischen den Elternpopulationen und waren von beiden signifikant verschieden. Die NK Respect begannen das Ährenschieben später als die Sorte Respect. Die Nachkommen unterschieden sich signifikant von beiden Elternpopulationen. Die NK Niata lagen ebenfalls zwischen Wiesenschwingel und der Sorte Niata, unterschieden sich aber von letzterer nicht signifikant. Gleiches galt für die NK Kabota. Die NK Ivana unterschieden sich dagegen nicht von der Wiesenschwingelpopulation. Die Sorte Ivana begann signifikant früher mit dem Ährenschieben. Fp, die Gladio Mutterpflanze und NK Gladio waren signifikant verschieden. Die NK des Kombinationsklons begann signifikant früher mit dem Ährenschieben als die Wiesenschwingelpflanzen.

Bezüglich Rost wiesen die NK Respect einen signifikant höheren Rostbefall auf als alle anderen NK. Grund hierfür war die Verwendung einer rostanfälligen Mutterpflanze. Es konnte beobachtet werden, dass die Nachkommen sowohl höhere als auch niedrigere Noten erhielten als die Mutterpflanzen. Durch Rekombination und das Einkreuzen des Wiesenschwingels entstanden somit nicht nur resistentere Pflanzen sondern auch Genkombinationen, die einen Befall begünstigten. Ähnliche Beobachtungen konnten bei den NK Matiz, NK Ivana und NK Lipresso gemacht werden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die in der Literatur vorhandenen Erfahrungswerte konnten in der vorliegenden praktischen Arbeit weitgehend bestätigt werden. Die Rückkreuzung mit Wiesenschwingel hatte weniger Erfolg als die Rückkreuzung mit Deutschem Weidelgras. Diesen Hinweis lieferten vor allem die GISH Analysen. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs der BC₁ Fp war die geringe Fertilität dieser Züchtungsgeneration zwar ein Hinweis, aber kein aussagekräftiges Ergebnis. Die BC₁ Fp Pflanzen werden somit in weiteren Züchtungsschritten mit Ausnahmen nur als Mutterpflanzen verwendet werden können. Ebenso verhielt es sich mit dem Verlust an Festuca Chromatin in den BC Generationen. Die cytologischen Vorgänge schienen in di- und polyploiden *Festulolium* Pflanzen weitgehend gleich zu sein. Insgesamt ist bei der Bewertung der Ergebnisse der z.T. geringe Stichprobenumfang als problematisch anzusehen.

Durch die nicht vorhandene Randomisation konnten Randeffekte sowie Effekte, die durch das leichte Gefälle am Standort Labor entstanden, nicht als Umwelteffekte in der statistischen Analyse identifiziert werden. Um eine Verrechnung möglich zu machen, mussten die Einflüsse der Rand- und Umwelteffekte an den Standorten vernachlässigt werden. Für die Interpretation der Ergebnisse durften

Umwelteffekte innerhalb eines Standorts aber nicht außer Acht gelassen werden. Vor allem wurden die Bonituren Ährenschieben, Massenbildung und Dichtigkeit davon beeinflusst. Durch das Gefälle verfügten manche Pflanzen über eine bessere Wasser- und Nährstoffversorgung, was vor allem in dem sehr trockenen Frühjahr einen starken Einfluss hatte. Da die Reihenfolge der Pflanzen am Standort Pulling dieselbe war, befanden sich auch dort fast immer die gleichen Pflanzen am Rand. Hinzu kam, dass letzterer Standort sehr weitläufig war und noch größere Effekte zwischen den Pflanzungen an diesem Standort als zwischen den Pflanzungen am Standort Labor zu erwarten gewesen wären.

Insgesamt wurden die NK Kabota und NK Gladio als sehr gute Nachkommenschaften bewertet. Leider handelte es sich dabei um sehr kleine Familien. NK Kabota umfasste vier Pflanzen, während die NK Gladio nur aus einer Pflanze bestand. Die Mutterpflanzen wurden nicht als Sorten angebaut, sondern es befanden sich nur die jeweils verwendeten Mutterpflanzen als Individuen unter Beobachtung. Teilweise waren auch die Mutterpflanzen nicht mehr existent, wie bei den ersten NK Ivana und den NK Komb., die in den meisten Auswertungen vernachlässigt wurden. Da die Elternpflanzen nur bei der direkten Auswahl für den Kreuzungsvorgang bewertet worden waren, befanden sich auch qualitativ und quantitativ nicht so hochwertige Pflanzen darunter.

Interessant wird im folgenden Jahr die Frage sein, ob die Festulolii, deren Mutterpflanze Wiesenschwingel war, leichter mit Wiesenschwingel rückkreuzbar sind und sich die Fertilität wiederherstellt. Inzwischen besteht die F₁ Population aus 617 Einzelpflanzen und die BC₁ Population aus 106 Einzelpflanzen. Aus kleinen Anfängen ist in diesem Bereich also Material und Erfahrung gewachsen, das vor einem nächsten Entwicklungsschritt gesichtet und bewertet wurde. Die bisherigen Ergebnisse wiesen auf eine hohe Variabilität hin. Es wurden F₁ Pflanzen für Kreuzungen im nächsten Jahr zusammengestellt, die im Freiland von einem ausgewählten Wiesenschwingel-Genotyp befruchtet werden sollen. Hierzu wurden diese F₁ Pflanzen von einem Mantel einer sehr stark verklonten Einzelpflanze umgeben.

Alle F₁ Pflanzen befanden sich seit Herbst 2011 in einer Klonbeobachtung und können in den nächsten Jahren unabhängig vom Kreuzungsjahr in einer Anlage inkl. Elternstandards verglichen werden.

Die Verifizierung der Festulolii wäre mit der GISH Methode am einfachsten. Eine zusätzliche Analyse mit codominanten Markern würde zusätzliche Informationen liefern. Die Interpretation der Marker wäre aufgrund der GISH Daten einfacher und haltbarer. Im Zuge dieser Methode würde zusätzlich der Ploidiegrad der Pflanzen geklärt und aneuploide Organismen könnten von weiteren Züchtungsschritten ausgeschlossen werden. Triploide Pflanzen, die als F₃ zu erwarten sind, könnten mit Colchizin aufgedoppelt und in einem getrennten Zuchtgang bearbeitet werden. Die Fragestellungen, die der vorliegenden Arbeit zu Grunde lagen, konnten nur teilweise beantwortet werden. Die Kombinationfähigkeit in Bezug auf die Kreuzung ist vermutlich nicht nur vom Genotyp abhängig, sondern auch stark von der Handhabung während des Kreuzungsvorgangs. Um die Frage zu klären, inwieweit die Kombinationsfähigkeit

von Gattungen, Sorten oder einzelnen Genotypen abhängt, müssten umfassendere Kreuzungsversuche angelegt werden, bei denen einzelne *Lp* Genotypen mit einzelnen *Fp* Genotypen wiederholt gekreuzt werden. Verluste während des Kreuzens dürften aufgrund ausreichender Anzahl an Wiederholungen nicht ins Gewicht fallen. Bei den F_2 und BC Generationen lässt sich jedoch die Aussage treffen, dass Deutsches Weidelgras im Allgemeinen für weitere Züchtungsschritte erfolgreicher wäre. Bei der reziproken F_1 Kreuzung ($Fp \times Lp$) muss erst die Qualität der Nachkommen im Feld bewertet werden.

Die bewerteten Merkmale wurden je nach Mutterpflanze unterschiedlich vererbt. Bei Krankheiten war dies stark von den Einzelpflanzen abhängig. Im Allgemeinen lagen die F_1 Populationen im Mittel der Elternpopulationen, wobei die Einzelpflanze nicht immer den stärksten Einfluss hatte. Allerdings waren die Umwelteffekte schwer abzuschätzen. Die Fertilität kann durch Kreuzung der Hybriden sowohl mit anderen Hybriden als auch mit Kreuzungen mit *Lp* restauriert werden. Die Anzahl $BC_1 Fp$ Pflanzen war noch nicht ausreichend hoch, um eindeutige Aussagen zu treffen. Bei allen Hybriden war eine große Spannweite zu beobachten. Es befanden sich auch Einzelpflanzen unter den $FEL \times FEL$ und $FEL \times ?$ Hybriden, die vollkommen steril waren. Die weibliche Fertilität war stark standortabhängig, wobei eine Korrelation von 0,45 zwischen männlicher und weiblicher Fertilität errechnet wurde. Bei den $BC_1 Fp$ Pflanzen, die bonitiert werden konnten, wurde nur bei einer Pflanze eine zufriedenstellende männliche Fertilität beobachtet.

Der bearbeitete Zuchtgang befindet sich noch in der Anfangsphase des Zuchtprogramms in der Erstellung von Ausgangspopulationen. Die Ergebnisse zeigen den noch weiten Weg von der beobachteten vergrößerten Variabilität bis zur angestrebten verbesserten Wiesenschwingel Sorte. Die bisherigen Beobachtungen zeigen jedoch das Potenzial, das schon in den vorliegenden Kreuzungen steckt.

Danksagung

Gedankt sei Leoni Forster (IPZ 4b) für technische Assistenz bei den Kreuzungen, Dr. Stefan Seefelder (IPZ 5c) und Dr. David Kopecký (Institute of Experimental Botany, Olomouc) für die Durchführung der genetischen Analysen, Herrn Eckl (ABV VB) für die Hilfe bei der statistischen Verrechnung, Frau Gellan (IPZ 1c) und Herrn Baumann (IPZ 1a) für die Hilfe beim Aufbau des Hydropony und der Evaluierung der Pollenfertilität, sowie Prof. Dr. Martin Elsässer und Dr. Ulrich Thumm (Universität Hohenheim) für wissenschaftliche Betreuung.

Literatur

- BSA, 2000: Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Bundessortenamt, Hannover. [Internet: http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/Richtlinie_LW2000.pdf; verifiziert 13 Feb 2012].
- BSA, 2009: Beschreibende Sortenliste, Futtergräser, Esparssette, Klee, Luzerne. Bundessortenamt, Hannover. [Internet: http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_futtergraeser_2009.pdf; verifiziert 13 Feb 2012].
- GYMER P, WHITTINGTON W, 1973: Hybrids between *Lolium perenne* L. and *Festuca pratensis* Huds. *New Phytol* 72: 411-424.
- HEINZ S, KUHN, G, 2008: 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Bayern, Teil 2: Vegetation auf Äckern und Grünland. LfL-Schriftenreihe 5/2008. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weißenstephan.
- UPOV, 2002: Allgemeine Einführung zur Prüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit und Erarbeitung harmonisierter Beschreibungen von neuen Pflanzensorten. Internationaler Verband zum Schutz von Pflanzenzüchtungen, Genf. [Internet: http://www.upov.int/de/publications/tg-rom/tg001/tg_1_3.pdf; verifiziert 13 Feb 2012]
- VOS P, HOGERS R, BLEEKER M, REIJANS M, VAN DE LEE T, 1995: AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucl Acid Res* 23: 4407-4414.

Anmerkung: Die Online-Version des Tagungsbandes enthält alle Abbildungen in Farbe und kann über die Homepage der Jahrestagung (<http://www.raumberg-gumpenstein.at/> - Downloads - Fachveranstaltungen/Tagungen - Saatzüchertagung - Saatzüchertagung 2011) oder den korrespondierenden Autor bezogen werden.