

Dank

Wir danken Herrn Dr. KÖHLER vom Landwirtschaftsministerium Mecklenburg-Vorpommerns für die Bereitstellung von Probenmaterial, die diese Untersuchungen ermöglicht haben, sowie den technischen Assistentinnen Frau E. EWALD und Frau M. SCHNECK für die Durchführung der Laborarbeiten zur Isoenzymanalyse.

Literatur

GREGORIUS, H.-R.: Measurement of genetical differentiation among sub-populations. *Theor. Appl. Genet.* **71**, 826–834 (1986). — GREGORIUS, H.-R.: The relationship between the concepts of genetic diversity and differentiation. *Theor. Appl. Genet.* **74**, 397–401 (1987). — HACKER, C.: Untersuchungen zur Biosynthese des Baccatins. Diplomarbeit, Institut für Biochemie und Molekulare Biologie der Technischen Universität Berlin, 53 S. (1995). — HATTEMER, H.-H.: Die Populationsgenetik der Eibe. *Der Eibenfreund* 2/1996. Herausgeg. Informationsschrift für die Mitglieder der Eibenfreunde f. V., 26–33 (1995). — HATTEMER, H.-H., BERGMANN, F. und ZIEHE, M.: Einführung in die Genetik für Studierende

der Forstwissenschaft. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main (1993). — HERTEL, H.: Vererbung von Isoenzymmarkern bei Eibe (*Taxus baccata* L.). *Silvae Genetica* **45**, 284–290 (1996). — LEWANDOWSKI, A., BURCZYK, L. and MEJNARTOWICZ, L.: Genetic structure of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Wierzchlas Reserve: implications for genetic conservation. *Forest Ecology and Management* **73**, 221–227 (1995). — MATHE, A.: Das Eibenvorkommen am Choriner Weinberg. Diplomarbeit, Forstliche Fachhochschule Eberwalde. 100 S. (1996). — MEINHARDT, H. und SCHWIMMER, M.: Die Eibe in Thüringen. *Der Wald* **45**, 190 (1995). — OSTHOFF, H.: Die Eibe in der Medizin. *Der Eibenfreund* 2/1996. Herausgeg. Informationsschrift für die Mitglieder der Eibenfreunde f. V., 79–80 (1995). — SCHMITT, H. P.: Die Eibe im nordrhein-westfälischen Weserbergland. *AFZ* **288**, 195 (1995). — SCHNECK, H., GRIMM, M. und SCHNECK, D.: Konzept zur Erhaltung und Vermehrung wichtiger, seltener heimischer Baumarten in Mecklenburg-Vorpommern (1995). — THOMA, ST.: Genetische Unterschiede zwischen vier Reliktbeständen der Eibe (*Taxus baccata* L.). *Forst und Holz* **50**, 19–24 (1995). — THOMA, ST. und KLEINSCHMIT, J.: Grundlagen für die Erhaltung der Eibe (*Taxus baccata* L.). *Forst und Holz* **49**: 147–152 (1994).

Untersuchungen zur genetischen Struktur der autochthonen Fichtenpopulation Carlsfeld im Erzgebirge und ihrer Nachkommenschaften als Grundlage zur Beurteilung der Effektivität von Generhaltungsmaßnahmen

Von G. GÄRTNER, H. WOLF und H. BRAUN

Sächsische Landesanstalt für Forsten, Abteilung Generhaltung, Saatgutwesen, Züchtung,
D-01827 Graupa, Bundesrepublik Deutschland

(Eingegangen am 5. Juli 1996)

Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungen hatten zum Ziel, einerseits die genetische Struktur der erzgebirgischen Fichtenpopulation Carlsfeld zu charakterisieren sowie andererseits die Möglichkeit der Einbeziehung von Herkunftsversuchen in *Ex-situ*-Generhaltungsmaßnahmen zu prüfen.

Die untersuchte Population Carlsfeld weist relativ hohe Werte der genetischen Vielfalt, Diversität und Heterozygotie auf, die höher als die mitteleuropäischen Durchschnittswerte und höher als die Werte ausgewählter Populationen aus anderen Herkunftsgebieten liegen. Desweiteren wurde gegenüber anderen Populationen eine höhere Anzahl seltener Allele beobachtet.

Mit den Untersuchungen wurde bestätigt, daß Nachkommenschaften aus verschiedenen Beerntungsjahren und an verschiedenen Anbauorten die genetische Struktur der Elternpopulation Carlsfeld repräsentieren. Damit erscheint eine Verwendung von Herkunftsversuchen, die mit züchterischen Zielvorstellungen angelegt worden sind, für *Ex-situ*-Generhaltungsmaßnahmen prinzipiell möglich.

Schlagwörter: Fichte, *Picea abies* (L.) KARST., SO₂-Schäden, Generhaltung, Herkunftsversuche, Isoenzymanalyse, genetische Variation.

FDC: 232.11; 165.3; 165.52; 425.1; 174.7 *Picea abies*; (430); (234.5).

Summary

Title of the paper: *Investigations on the genetic structure of the autochthonous Norway spruce population Carlsfeld in the*

Ore mountains and its progenies as basis for the evaluation of the effectivity of gene conservation measures.

The aim of the investigations presented was firstly to characterise the genetic structure of the Norway spruce population "Carlsfeld" in the Ore Mountains and secondly to evaluate the suitability of provenance trials for *ex-situ* gene conservation measures.

The population Carlsfeld showed high values of genetic diversity and heterozygoty as compared to the average values in Central Europe and to populations of other parts of the distribution area. Further on, a high number of rare alleles could be observed.

According to the results progenies descended from different seed collection years and planted at different trial plots represent the genetic structure of the parent population Carlsfeld. Consequently, the use of provenance trials established according to breeding aims seems principally possible for *ex-situ* gene conservation measures.

Key words: Norway spruce, *Picea abies* (L.) KARST., SO₂-damages, gene conservation, provenance trials, isozyme analysis, genetic variation.

Einleitung

Die Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.), die im Erzgebirge maßgeblich an den potentiell natürlichen Waldgesellschaften beteiligt ist, bildet derzeit mit 83% den Hauptanteil an der Baumartenzusammensetzung der Wälder im Erzgebirge. Seit Mitte der 60er Jahre treten im Erzgebirge anhaltende Schäden an

Fichtenbeständen durch SO₂ auf, die zum Verlust ganzer Populationen auf großer Fläche geführt haben. Insgesamt sind seit dieser Zeit bis Ende der 80er Jahre ca. 8000 ha Fichtenbestände abgestorben. Aufgrund des weiterhin bestehenden Eintrages von SO₂ aus dem Böhmisches Becken besteht immer noch eine aktuelle Schädigung dieser Baumart auf relativ hohem Niveau. 1994 betrug im Erzgebirge der Anteil von Fichten aller Altersklassen an den Schadstufen 2 bis 4 nach der Waldschadenserhebung 36%, der Anteil der über 60jährigen Fichten mit deutlichen Schäden (Schadstufen 2 bis 4) 59% (SML, 1994). Nach einer leichten Abnahme der Schäden im Jahr 1995 wurden im Frühjahr 1996 großflächig Nadelverbraunungen in Fichtenbeständen aller Altersklassen des mittleren und östlichen Erzgebirges auf einer Gesamtfläche von ca. 50000 ha festgestellt. Auf etwa 3000 ha zeichnete sich ein teils flächiges Absterben der Bestände ab (RABEN et al., 1996). Die wichtigste Ursache für die starken Schäden war das Zusammenwirken eines anhaltenden Antransportes von stark SO₂-belasteten Luftmassen aus dem böhmischen Industriegebiet bei Nebel- und Inversionswetterlagen mit extremen und langanhaltenden Frost im Winter 1995/1996 (RABEN et al., 1996). In den Monaten Oktober 1995 bis März 1996 variierten die maximalen SO₂-Tagesmittelwerte und die maximalen 3-Stundenmittelwerte an der walddahnen Höhenmeßstation Fichtelberg (Mittleres Erzgebirge) des Landesamtes für Umwelt und Geologie zwischen 117 µ/m³ und 399 µ/m³ bzw. zwischen 354 µ/m³ und 1030 µ/m³ (SLUG, 1995a, b, c, 1996a, b, c).

In Anbetracht der massiven Schäden im Erzgebirge, die immer mit dem Verlust vorhandener genetischer Informationen verbunden sind, sind Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Ressourcen in dieser Region mit hoher Dringlichkeit erforderlich. Da aufgrund der anhaltenden Schadstoffbelastung eine Erhaltung *in-situ* oft nicht mehr möglich ist, müssen *Ex-situ*-Maßnahmen ergriffen werden.

Besondere Bedeutung für die Erhaltung der forstlichen Genressourcen haben die autochthonen Restpopulationen der Fichte. Die in den Hoch- und Kammlagen stockenden autochthonen Fichtenwälder haben sich über Jahrtausende im Zusammenspiel von Erbanlagen und Umweltverhältnissen an die herrschenden Bedingungen angepaßt. Eine dieser Populationen ist die autochthone erzgebirgische Fichtenpopulation Carlsfeld. Aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften, insbesondere ihrer hohen Stabilität, wurde diese Herkunft in den vergangenen Jahrzehnten wiederholt in Züchtungsversuchen und Erhaltungsmaßnahmen verwendet. Dadurch sind von dieser Population zahlreiche Nachkommenschaften an den verschiedensten Anbauorten vorhanden.

Bereits 1937 wurde die Herkunft Carlsfeld von RUBNER in einen Provenienzversuch mit 41 Herkünften einbezogen (SCHMIDT-VOGT, 1977). Von WEISS und HOFFMANN wurde 1969 eine Auswertung der Versuchsflächen in Spechtshausen (Tharandter Wald) und Oberstadt (Thüringer Wald) des RUBNERSchen Provenienzversuches vorgenommen. Die Herkunft Carlsfeld zeigte sich in diesen Versuchen überdurchschnittlich widerstandsfähig gegenüber Schneebruch. Sie wurde als spätreibend mit langsamer Triebentwicklung beschrieben (WEISS und HOFFMANN, 1969).

Nach Auswertung der Ergebnisse von 24jährigen Versuchen mit 25 Fichtenherkünften an den Versuchsstandorten Frauenstein und Klingenberg (Nordabdachung des Erzgebirges) stellen BRAUN et al. (1983) fest, daß zwischen den Herkünften signifikante Unterschiede im h/d-Verhältnis vorliegen, die sich als Ergebnis natürlicher Selektionsprozesse herausgebildet haben. Die Herkunft Carlsfeld wies an beiden Standorten ein h/d-Verhältnis von 0,7 bzw. 0,8 auf. Diese Werte bestätigten die von WEISS und HOFFMANN (1969) vorgestellten Ergebnisse.

In Herkunftsversuchen, die der Prüfung von Wüchsigkeit, Resistenzverhalten und Qualitätseigenschaften dienen, sind mit hoher Herkunftssicherheit und einer hohen Anzahl von Individuen Populationen vertreten, die teilweise am Ursprungsort nicht mehr existieren. Diese Versuche sind potentielle Generhaltungsanlagen und könnten die Grundlage für den Aufbau von Samenplantagen und der nachfolgenden Reproduktion der Populationen bilden (BRAUN, 1989; BRAUN und KOHLSTOCK, 1990). Es stellt sich daher die Frage, inwieweit die genetischen Strukturen der in Herkunftsversuchen vorhandenen Nachkommenschaften eines Ausgangsbestandes für diesen repräsentativ sind oder durch Einflüsse unterschiedlichster Art verändert worden sind.

Zur Klärung dieser Fragestellung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit an der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (LAF) in Graupa, Abteilung Generhaltung, Saatgutwesen und Züchtung, die genetische Struktur der erzgebirgischen Fichtenpopulation Carlsfeld charakterisiert. Darüber hinaus wurde versucht, die Population Carlsfeld gegenüber geographisch weiter entfernten Herkunftsgebieten abzugrenzen, indem ein Vergleich mit Ergebnissen aus der Literatur durchgeführt wurde.

Weiterhin wurden 2 Bestandesabsaaten der Population Carlsfeld aus unterschiedlichen Erntejahren, die jeweils an unterschiedlichen Versuchsorten angebaut wurden, in die Untersuchungen einbezogen. Neben einem Vergleich der genetischen Strukturen der 2 Bestandesnachkommenschaften untereinander sollte ein Vergleich mit der genetischen Struktur des Altbestandes erfolgen und Aufschluß über eventuelle Veränderungen geben.

Material und Methoden

Beschreibung der Versuchsbestände

Population Carlsfeld

Die Population Carlsfeld liegt im Forstamt Eibenstock, Revier Carlsfeld, Abteilungen 273 a⁴ und 278 t² in einer Höhenlage von 905 m bis 920 m ü. NN mit einer Flächengröße von 5,28 ha (Tabelle 1). Der Bestand ist aus Naturverjüngung hervorgegangen, hat ein Alter von etwa 150 bis 160 Jahren und weist eine mehrstufige Struktur auf. Der vorhandene Unterstand entstand ebenfalls aus Naturverjüngung und hat ein Alter von etwa 40 bis 50 Jahren. Der Oberstand hatte zum Zeitpunkt der Probenahme eine Mittelhöhe von 29 m bei einem

Tabelle 1. – Lage und Standortsverhältnisse der Population Carlsfeld sowie der Versuchsorte Sayda und Jonsdorf.

Location and site conditions of the population Carlsfeld as well as the trial plots Sayda and Jonsdorf.

| | Carlsfeld | Sayda | Jonsdorf |
|----------------------------------|---|---|---|
| Forstamt | Eibenstock | Brand-Erbisdorf | Löbau |
| Revier | Carlsfeld | Sayda | Jonsdorf |
| Abteilung | Abt. 273 a ⁴ , 278 t ² | Abt. 40 a ¹ | Abt. 355 a ¹ |
| Nödrdl. Breite | 50° 25' | 50° 43' | 50° 50' |
| Östl. Länge | 12° 36' | 13° 24' | 14° 42' |
| Höhe ü. NN | 915-925 m | 615-650 m | 575-600 m |
| Mittl. Jahresniederschlag (mm/a) | > 1100 | 800-900 | 800-900 |
| Mittl. Jahrestemperatur (°C) | < 4,5 | 5-6 | 6-7 |
| Wuchsgebiet | Erzgebirge | Erzgebirge | Zittauer Gebirge |
| Grundgestein | Eibenstocker Granit | Gneis | Cybiner Sandstein |
| Bodentyp | Braunpodsol | Braunerde | Decklehmbraunerde |
| Nährkraft-, Feuchte-stufe | ziemlich armer, mineralischer Naßstandort, sehr gute Wasserversorgung | mittlere Nährstoffversorgung, mittlere Wasserversorgung | mittlere Nährstoffversorgung, durchschnittl. bis geringe Wasserversorgung |

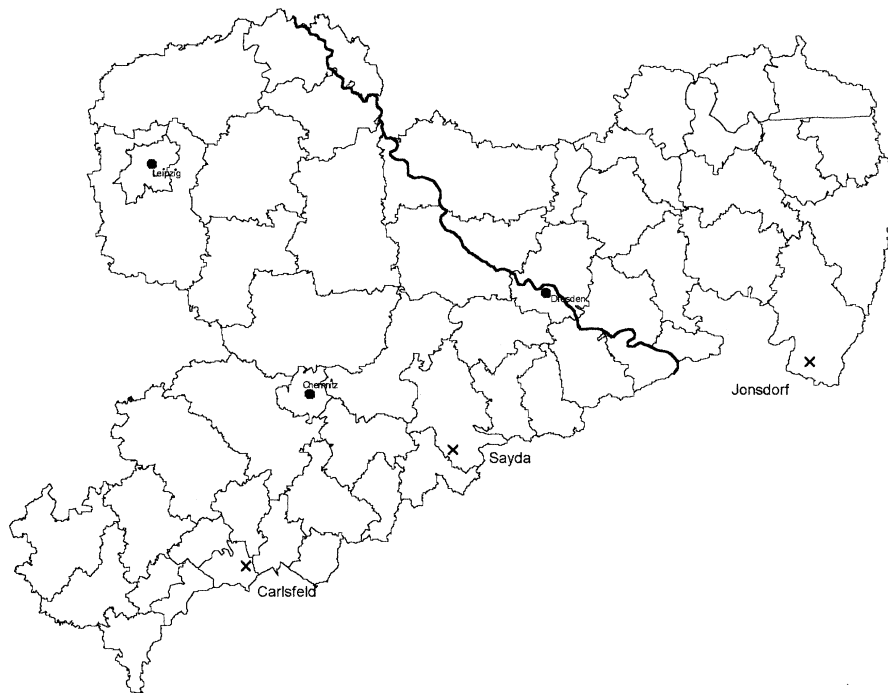


Abbildung 1. – Lage der Population Carlsfeld sowie der Versuchsorte Sayda und Jonsdorf.
Location of the population Carlsfeld and the trial plots Sayda and Jonsdorf.

mittleren Brusthöhendurchmesser von 47 cm. Der Vorrat betrug 723 Vfm/ha. Der Bestand stockt überwiegend auf einem ziemlich armen mineralischen Naßstandort. Der Habitus der Altbäume ist durch eine schlanke Krone mit feiner Beastung charakterisiert. Auffallend ist das trotz hohen Alters vitale Äußere der Altfichten im Vergleich zu umliegenden, stärker geschädigten Fichtenbeständen.

Bestandesnachkommenschaften

Die Population Carlsfeld wurde als Saatgutbestand der Anerkennungsklasse I nach dem Fachbereichsstandard Forstsaatgutwesen, TGL 27249/03 der DDR (IFE, 1987) bereits in früheren Jahren regelmäßig beerntet. 1981 wurde vom Forschungs- und Überleitungszentrum Graupa des Institutes für Forstwissenschaften Eberswalde (IFE) ein Versuch zur Prüfung von Fichtenherkünften und -nachkommen feldtoleranter Individuen mit 5jährigen Fichtenpflanzen angelegt. In diesen Versuchen wurde auch Pflanzenmaterial der Herkunft Carlsfeld aus 2 unterschiedlichen Erntejahrgängen verwendet. Das Saatgut entstammte zum einen der Ernte des Jahrganges 1964, d.h. es kam erst nach 11jähriger Lagerung zur Aussaat, und zum anderen der Ernte des Jahrganges 1975. Die Erntejahrgänge waren in dem Versuch mit jeweils 3 Parzellen zu je 49 Pflanzen, im Verband 1,5 m x 1,5 m, vertreten.

Als Versuchsorte wurden das Revier Sayda des Forstamtes Brand-Erbisdorf in Mittelsachsen in einer Höhenlage von 615 m bis 650 m ü. NN und das Revier Jonsdorf des Forstamtes Löbau in Ostsachsen in einer Höhenlage von 575 m bis 600 m ü. NN ausgewählt (Tabelle 1). Die Versuchsorte unterliegen einer ähnlichen Immissionsbelastung. Die Lage des Fichtenbestandes Carlsfeld und der Versuchsorte gehen aus der Abbildung 1 hervor.

Eine 1987 erfolgte Aufnahme phänotypischer Merkmale auf den Versuchsflächen erbrachte die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse. Die Ausfälle der Nachkommen der Erntejahrgänge 1964 und 1975 unterschieden sich auf den jeweiligen Versuchsflächen nicht. Die Ausfälle am Versuchsort Jonsdorf waren mit 17,7% höher als in Sayda mit 10,2%. Zwischen den Nach-

kommenschaften der beiden Erntejahrgänge kann nur auf der Fläche in Jonsdorf ein signifikanter Unterschied in der Höhenentwicklung nachgewiesen werden.

Tabelle 2. – Ergebnisse der Aufnahme im Jahr 1987 an den Versuchsorten Sayda und Jonsdorf.

Trial plots Sayda and Jonsdorf: Results of mortality, height growth and number of needle years measured in 1987.

| Merkmal | Versuchsort Sayda | | Versuchsort Jonsdorf | |
|------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | Erntejahr 1964 | Erntejahr 1975 | Erntejahr 1964 | Erntejahr 1975 |
| Ausfälle | 10,2% ^a | 10,2% ^a | 17,7% ^b | 17,7% ^b |
| Mittelhöhe | 1,48 m ^a | 1,43 m ^a | 1,67 m ^b | 1,82 m ^c |
| Mittl. Anzahl Nadeljahrgänge | 2,5 ^a | 2,5 ^a | 3,4 ^b | 3,5 ^b |

Ergebnisse, die nicht den gleichen Buchstaben teilen, unterscheiden sich signifikant ($\alpha \leq 0,05$) voneinander.

Genetische Analyse

Für Isozymanalysen mittels Gelelektrophorese wurden im Spätwinter bzw. zeitigen Frühjahr des Jahres 1991 in der Population Carlsfeld 50 Bäume und an den Versuchsorten Sayda und Jonsdorf pro Beerntungsjahrgang zufällig 60 Bäume ausgewählt (insgesamt je 120), von denen einzelbaumweise Knospen geerntet wurden. Das Knospenmaterial wurde in flüssigem Stickstoff schockgefrostet und anschließend bei -70°C gelagert. Die Aufarbeitung der Proben, Anfertigung der Puffer- und Färbelösungen erfolgte ebenso wie die Interpretation der Banden und Bezeichnung der Loci nach KONNERT (1995). Die 8 untersuchten Enzymsysteme und die ausgewerteten Genloci sind in Tabelle 3 dargestellt.

Nach Erfassung der Allelhäufigkeiten an den ausgewerteten Genorten wurden folgende genetische Parameter berechnet:

– Genetische Variation innerhalb der Population Carlsfeld sowie innerhalb ihrer Nachkommenschaften an den Versuchsorten Sayda und Jonsdorf:

Genetische Vielfalt: – mittlere Anzahl Allele/Locus A/L;
– potentielle genotypische Vielfalt G_p (HATTEMER, 1978).

Tabelle 3. – Enzymsysteme, untersuchte Genloci und Anzahl beobachteter Allele.

Enzyme systems, gene loci investigated and number of alleles observed.

| Enzymsystem | EC-Nr. | Genlocus | Anzahl beobachteter Allele (N) |
|--|----------|----------|--------------------------------|
| Glutamatoxalacetat-Transaminase (GOT) | 2.6.1.1 | GOT-C | 3 |
| Leucinaminopeptidase (LAP) | 3.4.11.1 | LAP-B | 6 |
| Phosphoglucose-Isomerase (PGI) | 5.3.1.9 | PGI-B | 3 |
| NADH-Dehydrogenase (NDH) | 1.6.99.3 | NDH-A | 2 |
| | | NDH-B | 2 |
| Phosphoenolpyruvat-Carboxylase (PEPCA) | 4.1.1.31 | PEPCA-A | 2 |
| Shikimat-Dehydrogenase (SKDH) | 1.1.1.25 | SKDH-A | 6 |
| 6-Phosphogluconat-Dehydrogenase (6-PGDH) | 1.1.1.44 | 6-PGDH-A | 3 |
| | | 6-PGDH-B | 3 |
| | | 6-PGDH-C | 2 |
| Malat-Dehydrogenase (MDH) | 1.1.1.37 | MDH-B | 3 |
| | | MDH-C | 3 |

Genetische Diversität: – allelische Diversität v (GREGORIUS, 1978);
 – hypothetische gametische Multilocusdiversität V_p .

Populationsdifferenzierung δ_T

Heterozygotie: – aktuelle Heterozygotie H_a ;
 – erwartete Heterozygotie H_e .

Fixierungsindex F

– Genetische Variation zwischen der Population Carlsfeld und ihren Nachkommenschaften an den Versuchsorten Sayda und Jonsdorf:

Für den statistischen Vergleich der Allel- und Genotyphäufigkeiten wurde der χ^2 -Test auf Homogenität durchgeführt (WEBER, 1978). Der Test erfolgte paarweise zunächst für jeden einzelnen Locus und anschließend über alle Loci für die verschiedenen Versuchsbestände. Der Vertrauensbereich für signifikante Unterschiede wurde mit $\alpha \leq 0,05$ angesetzt.

Weiterhin wurden berechnet:

Genetischer Abstand d_0 ;

Genetische Differenzierung zwischen den Populationen nach GREGORIUS und ROBERDS (1986).

Um die genetischen Strukturen der Erzgebirgspopulation Carlsfeld mit anderen Herkunftsgebieten vergleichen zu können, wurden Ergebnisse folgender Autoren herangezogen:

MUONA *et al.* (1990) – Populationen Riisitunturi National Park (Finnland) und Tatra National Park (Slowakei) sowie

FRANKE und KONNERT (1990) – Population Schluchsee (Schwarzwald).

Ergebnisse

Alle untersuchten Genloci waren in den untersuchten Populationen polymorph (Tabelle 4). Die Anzahl gefundener Allele je Genort variierte zwischen 2 und 6. An den Loci GOT-C, PGI-B, NDH-B, PEPCA-A sowie 6-PGDH-B und -C konnte ein sogenannter Majorpolymorphismus (2 oder mehr Allele mit mittleren Häufigkeiten), an den anderen Loci ein Minorpolymorphismus (ein sehr häufiges sowie ein oder mehrere seltene Allele) beobachtet werden.

Genetische Strukturen innerhalb der Population Carlsfeld und ihrer Nachkommenschaften an den Versuchsorten Sayda und Jonsdorf

Genetische Vielfalt und Diversität

Die Maße der genetischen Vielfalt und Diversität werden in Tabelle 5 dargestellt. Die Anzahl der Allele pro Locus beträgt

Tabelle 4. – Allelhäufigkeiten in der Elternpopulation Carlsfeld und in ihren Nachkommenschaften.

Allele frequencies in the population Carlsfeld and in its progenies.

| Genlocus | Population | Versuchsort Sayda | | Versuchsort Jonsdorf | |
|-----------------------|------------|-------------------|-------|----------------------|-------|
| | | Erntejahr | 1975 | 1964 | 1975 |
| | Carlsfeld | 1964 | 1975 | 1964 | 1975 |
| GOT-C ₂ | 0,408 | 0,408 | 0,483 | 0,386 | 0,458 |
| GOT-C ₄ | 0,571 | 0,575 | 0,458 | 0,579 | 0,533 |
| GOT-C ₅ | 0,020 | 0,017 | 0,059 | 0,035 | 0,008 |
| LAP-B ₁ | 0,051 | 0,025 | 0,051 | 0,026 | 0,008 |
| LAP-B ₂ | 0,051 | 0,908 | 0,025 | 0,035 | 0,042 |
| LAP-B ₃ | 0,163 | 0,183 | 0,169 | 0,088 | 0,100 |
| LAP-B ₄ | 0,724 | 0,767 | 0,729 | 0,825 | 0,792 |
| LAP-B ₅ | 0,000 | 0,900 | 0,008 | 0,000 | 0,008 |
| LAP-B ₆ | 0,010 | 0,017 | 0,017 | 0,026 | 0,050 |
| PGI-B ₂ | 0,184 | 0,175 | 0,229 | 0,228 | 0,200 |
| PGI-B ₃ | 0,796 | 0,825 | 0,763 | 0,772 | 0,800 |
| PGI-B ₄ | 0,020 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 |
| NDH-A ₁ | 0,041 | 0,117 | 0,127 | 0,132 | 0,167 |
| NDH-A ₂ | 0,959 | 0,883 | 0,873 | 0,868 | 0,833 |
| NDH-B ₂ | 0,541 | 0,475 | 0,466 | 0,456 | 0,433 |
| NDH-B ₃ | 0,459 | 0,525 | 0,534 | 0,544 | 0,567 |
| PEPCA-A ₁ | 0,265 | 0,400 | 0,534 | 0,298 | 0,342 |
| PEPCA-A ₂ | 0,735 | 0,600 | 0,466 | 0,702 | 0,658 |
| SKDH-A ₁ | 0,020 | 0,083 | 0,017 | 0,009 | 0,025 |
| SKDH-A ₂ | 0,214 | 0,358 | 0,339 | 0,114 | 0,108 |
| SKDH-A ₃ | 0,673 | 0,500 | 0,568 | 0,842 | 0,833 |
| SKDH-A ₄ | 0,041 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,017 |
| SKDH-A ₅ | 0,041 | 0,050 | 0,068 | 0,035 | 0,017 |
| SKDH-A ₆ | 0,010 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 |
| 6-PGDH-A ₂ | 0,969 | 0,992 | 0,975 | 0,991 | 0,992 |
| 6-PGDH-A ₃ | 0,031 | 0,008 | 0,025 | 0,009 | 0,008 |
| 6-PGDH-B ₂ | 0,714 | 0,725 | 0,678 | 0,605 | 0,708 |
| 6-PGDH-B ₄ | 0,020 | 0,017 | 0,068 | 0,009 | 0,033 |
| 6-PGDH-B ₅ | 0,265 | 0,258 | 0,254 | 0,386 | 0,258 |
| 6-PGDH-C ₂ | 0,582 | 0,542 | 0,559 | 0,465 | 0,508 |
| 6-PGDH-C ₅ | 0,418 | 0,458 | 0,441 | 0,535 | 0,492 |
| MDH-B ₁ | 0,051 | 0,033 | 0,025 | 0,000 | 0,017 |
| MDH-B ₂ | 0,929 | 0,950 | 0,949 | 0,974 | 0,975 |
| MDH-B ₃ | 0,020 | 0,017 | 0,025 | 0,026 | 0,008 |
| MDH-C ₂ | 0,041 | 0,000 | 0,000 | 0,026 | 0,000 |
| MDH-C ₄ | 0,949 | 0,992 | 0,992 | 0,956 | 0,958 |
| MDH-C ₅ | 0,010 | 0,008 | 0,008 | 0,018 | 0,042 |

Tabelle 5. – Genetische Vielfalt und Diversität der Elternpopulation Carlsfeld und ihrer Nachkommenschaften.

Genetic variation and diversity of the population Carlsfeld and its progenies.

| | | Genetische Vielfalt | | Genetische Diversität | | Differenzierung δ_T |
|------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------|----------------------------|
| | | A/L | G_p | v | V_p | |
| Elternpopulation | Carlsfeld | 3,0 | $595 \cdot 10^6$ | 1,49 | 174,85 | 0,335 |
| Versuchsort | Nachkommenschaft | | | | | |
| Sayda | Erntejahr 1964 | 2,75 | $106 \cdot 10^6$ | 1,49 | 216,79 | 0,338 |
| | Erntejahr 1975 | 3,0 | $595 \cdot 10^6$ | 1,55 | 319,67 | 0,361 |
| Jonsdorf | Erntejahr 1964 | 2,67 | $70,8 \cdot 10^6$ | 1,45 | 127,52 | 0,316 |
| | Erntejahr 1975 | 2,83 | $149 \cdot 10^6$ | 1,46 | 132,52 | 0,320 |
| | Erntejahr 1964 gesamt | 2,71 | $88,4 \cdot 10^6$ | 1,47 | 172,16 | 0,327 |
| | Erntejahr 1975 gesamt | 2,92 | $372 \cdot 10^6$ | 1,50 | 226,10 | 0,340 |

bei der Ausgangspopulation Carlsfeld 3,0 und variiert bei ihren Nachkommenschaften zwischen 2,67 und 3,0. Die Nachkommenschaften der Erntejahre 1964 und 1975 weisen am Versuchsort Sayda jeweils eine höhere Anzahl Allele pro Locus und damit eine höhere potentielle genotypische Vielfalt als am Versuchsort Jonsdorf auf. Durch die Werte der genetischen Diversität wird die durch die Werte der genetischen Vielfalt aufgezeigte Tendenz bestätigt (Tabelle 5).

Betrachtet man die verschiedenen Beerntungsjahrgänge, so fällt auf, daß an beiden Versuchsorten der Erntejahrgang 1964 eine geringere genetische Vielfalt und Diversität aufweist als das Pflanzenmaterial aus der 11 Jahre später erfolgten Beerntung.

Die Unterschiede zwischen den beiden Anbauarten in den Werten der genetischen Vielfalt und Diversität sind geringer als zwischen den beiden Beerntungsjahrgängen. Die potentielle genotypische Vielfalt G_p des Erntejahrganges 1975 über beide Versuchsorte ist 4,2mal höher als die des Erntejahrganges 1964. Dagegen ist die potentielle genotypische Vielfalt G_p über die beiden Erntejahrgänge am Versuchsort Sayda nur 3,2mal höher als in Jonsdorf.

Heterozygotie und Fixierungsindex

Die aktuelle Heterozygotie der untersuchten Kollektive beträgt im Mittel über alle Loci 0,283 bis 0,369. Die Werte der erwarteten Heterozygotie variieren zwischen 0,311 und 0,355 (Tabelle 6). In der Elternpopulation Carlsfeld liegen HARDY-WEINBERG-Strukturen vor. Die Nachkommenschaften auf der Versuchsfläche Sayda weisen dagegen einen geringfügigen Heterozygoten-, die Nachkommenschaften in Jonsdorf einen leichten Homozygotenüberschuß auf (Tabelle 6). Zwischen den verschiedenen Beerntungsjahrgängen zeigen sich nur sehr geringe Unterschiede.

Tabelle 6. – Maße der Heterozygotie über alle Loci.
Parameters of heterozygoty on all gene loci observed.

| | | Aktuelle Heterozygotie H_a | Erwartete Heterozygotie H_e | Fixierungsindex F |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Elternpopulation | Carlsfeld | 0,328 | 0,328 | 0,0 |
| Versuchsort | Nachkommenschaft | | | |
| Sayda | Erntejahr 1964 | 0,351 | 0,333 | - 0,054 |
| | Erntejahr 1975 | 0,369 | 0,355 | - 0,039 |
| Jonsdorf | Erntejahr 1964 | 0,295 | 0,311 | + 0,051 |
| | Erntejahr 1975 | 0,283 | 0,314 | + 0,099 |
| | Erntejahr 1964 gesamt | 0,323 | 0,322 | - 0,003 |
| | Erntejahr 1975 gesamt | 0,326 | 0,334 | + 0,020 |

Der mittlere Heterozygotiegrad der Ausgangspopulation und ihrer Nachkommenschaften variiert an den Genloci, die einen Majorpolymorphismus aufweisen, zwischen 0,417 und 0,494 (Tabelle 7). Die nachfolgende Berechnung des Fixierungsindex ergibt in diesem Fall ein etwas anderes Bild: Die Elternpopulation Carlsfeld zeigt nun einen geringen Homozygotenüberschuß und die Nachkommenschaften auf der Versuchsfläche Sayda nähern sich HARDY-WEINBERG-Strukturen an. In Jonsdorf zeigt sich wiederum ein leichter Homozygotenüberschuß. Zwischen den beiden Beerntungsjahrgängen sind nur geringe Differenzen zu verzeichnen.

Tabelle 7. – Maße der Heterozygotie für die Genloci PGI-B, GOT-C, NDH-B, PEPCA-A, 6-PGDH-B und -C.

Parameters of heterozygoty on the gene loci PGI-B, GOT-C, NDH-B, PEPCA-A, 6-PGDH-B and -C.

| | | aktuelle Heterozygotie H_a | erwartete Heterozygotie H_e | Fixierungsindex F |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Elternpopulation | Carlsfeld | 0,425 | 0,438 | + 0,031 |
| Versuchsort | Nachkommenschaft | | | |
| Sayda | Erntejahr 1964 | 0,442 | 0,446 | + 0,008 |
| | Erntejahr 1975 | 0,494 | 0,480 | - 0,029 |
| Jonsdorf | Erntejahr 1964 | 0,436 | 0,461 | + 0,054 |
| | Erntejahr 1975 | 0,417 | 0,449 | + 0,072 |
| | Erntejahr 1964 gesamt | 0,439 | 0,454 | + 0,033 |
| | Erntejahr 1975 gesamt | 0,455 | 0,464 | + 0,019 |

Genetische Variation zwischen der Population Carlsfeld und ihren Nachkommenschaften an den Versuchsorten Sayda und Jonsdorf

Vergleich der Allelhäufigkeiten

An den Loci PGI-B, GOT-C, LAP-B, NDH-B, 6-PGDH-B, MDH-B und -C traten sowohl zwischen den Nachkommenschaften an den verschiedenen Anbauorten und Carlsfeld, als auch zwischen den verschiedenen Beerntungsjahrgängen mehr oder weniger starke Differenzen in den Allelhäufigkeiten auf, die jedoch nicht signifikant waren (Tabelle 4).

Signifikante Unterschiede in den Allelhäufigkeiten wurden an den Loci NDH-A, SKDH-A und PEPCA-A gefunden:

Am Locus NDH-A unterscheidet sich nur Carlsfeld signifikant von ihren Nachkommenschaften dahingehend, daß das Allel A_1 in der Elternpopulation in geringeren Häufigkeiten vorkommt. Zwischen den Nachkommenschaften an den Versuchsorten Sayda und Jonsdorf und zwischen den Beerntungsjahrgängen sind nur unbedeutende Differenzen zu beobachten.

Die signifikanten Unterschiede in den Allelhäufigkeiten am Genlocus SKDH-A sind wiederum nur zwischen der Elternpopulation Carlsfeld und dem Erntejahr 1964 an beiden Anbauorten zu verzeichnen. Carlsfeld weist dabei das Allel A_2 in signifikant geringeren Häufigkeiten auf (Tabelle 4).

Am Locus PEPCA-A werden die größten Unterschiede sichtbar. Besonders deutlich werden diese zwischen Carlsfeld und den Nachkommen der Erntejahrgänge 1964 und 1975 in Sayda: Die Elternpopulation Carlsfeld weist eine signifikant geringere Häufigkeit des Allels A_1 im Vergleich zu beiden Nachkommenschaften auf (Tabelle 4). An diesem Genlocus kann auch zwischen den Beerntungsjahrgängen 1964 und 1975 am Versuchsort Sayda ein signifikanter Unterschied beobachtet werden. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen sind auf der Versuchsfläche Jonsdorf keine signifikanten Unterschiede an dem Genort PEPCA-A zwischen der Elternpopulation Carlsfeld und den Nachkommenschaften der beiden Erntejahrgänge bzw. zwischen den Nachkommenschaften feststellbar (Tabelle 4).

Auffällig ist das Vorkommen der relativ seltenen Allele PGI-B₄, GOT-C₅, LAP-B₅ sowie SKDH-A₄ und -A₆ überwiegend nur in Carlsfeld und im Erntejahr 1975 an beiden Versuchsorten (Tabelle 4).

Folgende Allele kamen sowohl in Carlsfeld als auch in beiden Beerntungsjahrgängen auf beiden Versuchsflächen mit relativ geringen Häufigkeiten vor: LAP-B₁, -B₂ und -B₆, SKDH-A₁ und -A₅, 6-PGDH-A₃, 6-PGDH-B₄ sowie MDH-B₁ und -B₃ (Tabelle 4).

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die signifikanten Differenzen in den Allelhäufigkeiten im wesentlichen nur zwischen der Elternpopulation Carlsfeld und ihren Nachkommenschaften beobachtet wurden, jedoch nicht zwischen den beiden Versuchsorten und nicht zwischen den beiden Beerntungsjahrgängen.

Gemittelt über alle Loci traten sowohl zwischen den Anbauorten der Nachkommenschaften als auch zwischen den Beerntungsjahrgängen und zur Elternpopulation keine signifikanten Differenzen auf.

Genetischer Abstand und Differenzierung

Der genetische Abstand zwischen der Elternpopulation Carlsfeld und ihren Nachkommenschaften variiert mit Werten von 0,061 bis 0,077 im Mittel über alle Loci nur sehr gering. Bei Betrachtung der einzelnen Genloci zeigen sich jedoch z. T. recht hohe Abstandswerte: Am Locus PEPCA-A liegt der genetische Abstand zwischen der Elternpopulation Carlsfeld zu den Erntejahren 1964 und 1975 am Versuchsort Sayda mit 0,135 bzw. 0,269 recht hoch, während der Abstand zu den Nachkommenschaften am Versuchsort Jonsdorf an diesem Locus mit 0,033 bzw. 0,077 gering ist. Hohe genetische Abstandswerte zwischen Carlsfeld und beiden Nachkommenschaften zeigen sich auch am Locus SKDH-A mit Werten zwischen 0,151 und 0,216. Der höhere Abstand besteht zum Erntejahr 1964 am Versuchsort Sayda. An allen anderen Genloci existieren geringere genetische Abstände.

Der genetische Abstand zwischen den beiden Beerntungsjahrgängen ist im Mittel über alle Loci mit Werten zwischen 0,048 und 0,042 sehr gering. Die höchsten Werte liegen hier an den Genloci GOT-C und PEPCA-A mit Werten von 0,117 bzw.

0,134 am Versuchsort Sayda. Am Versuchsort Jonsdorf weist nur der Genlocus 6-PGDH-B mit 0,127 einen etwas erhöhten Abstand auf.

Die Differenzierung wurde einerseits für Carlsfeld und die beiden Versuchsorte berechnet und andererseits für die beiden Beerntungsjahrgänge, um die „zeitliche“ Differenzierung zu erfassen. Dafür wurden die verschiedenen Beerntungsjahrgänge über beide Versuchsorte zusammengefaßt.

Die Differenzierung zwischen Carlsfeld und ihren Nachkommenschaften ist mit 5,2% bzw. 5,3% gering. Für die mittlere Differenzierung der Beerntungsjahrgänge wurden Werte von 4,2% bzw. 4,8% berechnet, d. h. die Beerntungsjahrgänge unterscheiden sich ebenfalls kaum.

Vergleich der Population Carlsfeld mit Populationen aus anderen Herkunftsgebieten

Der Vergleich einiger genetischer Parameter zeigt, daß die Population Carlsfeld eine höhere genetische Vielfalt als die Population Schluchsee, jedoch eine etwas geringere Vielfalt als die Populationen aus dem finnischen und slowakischen Nationalpark besitzt (Tabelle 8). Der aussagekräftigere Wert der genetischen Diversität ist jedoch bei Carlsfeld deutlich höher als bei den übrigen Populationen. Ebenso zeigen sich deutlich höhere Werte der beobachteten Heterozygotie in Carlsfeld.

Tabelle 8. – Genetische Variationsmaße der Population Carlsfeld und der Vergleichsherkünfte.

Genetic variation parameters of the population Carlsfeld and the comparative provenances.

| Population | Anzahl der untersuchten Loci | Genetische Vielfalt A/L | Genetische Diversität v | Heterozygotie H _a |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Carlsfeld | 13 | 2,85 | 1,49 | 0,328 |
| Schluchsee ¹⁾ | 11 | 2,37 | 1,23 | 0,225 |
| Tatra ²⁾ | 14 | 3,10 | 1,25 | 0,170 |
| Riisitunturi ²⁾ | 8 | 3,11 | 1,34 | 0,230 |

Basisdaten aus: ¹⁾ FRANKE und KONNERT (1990)
²⁾ MUONA et al. (1990)

Im Vergleich zur Schwarzwaldpopulation Schluchsee wurden in der Population Carlsfeld eine höhere Anzahl seltener Allele gefunden. In Schluchsee fehlen die Allele SKDH-A₆, MDH-B₁, MDH-C₂ und 6-PGDH-B₄.

Bei Berechnung des genetischen Abstandes der Population Carlsfeld zu den Populationen Tatra Nationalpark, Riisitunturi Nationalpark und Schluchsee aus den von den Autoren angegebenen Allelhäufigkeiten zeigt sich am Genlocus LAP-B ein etwas höherer Abstand von Carlsfeld zur finnischen Population Riisitunturi National Park (Tabelle 9). Der höhere Abstand ist

Tabelle 9. – Genetischer Abstand zwischen der Population Carlsfeld und den Vergleichsherkünften.

Genetic distance among the population Carlsfeld and the comparative provenances.

| Genlocus | Genetischer Abstand zwischen Carlsfeld und den Populationen | | |
|------------------------|---|----------------------------|--------------------------|
| | Tatra ¹⁾ | Riisitunturi ¹⁾ | Schluchsee ²⁾ |
| GOT-C | 0,012 | 0,052 | |
| LAP-B | 0,088 | 0,174 | |
| PGI-B | 0,181 | | |
| 6-PGDH-B | | | 0,020 |
| 6-PGDH-C | | | 0,082 |
| MDH-B | 0,045 | 0,064 | |
| MDH-C | 0,021 | 0,051 | 0,092 |
| Gesamtabstand D | 0,069 | 0,085 | 0,065 |

Basisdaten aus: ¹⁾ MUONA et al. (1990)
²⁾ FRANKE und KONNERT (1990)

auf das Allel B₅ zurückzuführen, das in der Population Riisitunturi National Park mit einer Häufigkeit von 22,6% auftrat, in den Populationen Carlsfeld und Tatra National Park jedoch nicht gefunden wurde. Zwischen der Population Carlsfeld und der Population Tatra National Park ist der genetische Abstand am Locus PGI-B im Vergleich zu den anderen einbezogenen Genorten deutlich höher. Die Population Tatra National Park weist eine höhere Häufigkeit des Allels B₂ und eine geringere Häufigkeit des Allels B₃ auf als die Population Carlsfeld.

Zur Schwarzwaldpopulation Schluchsee kann an den gemeinsam untersuchten Genloci kein nennenswerter genetischer Abstand festgestellt werden.

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse der genetischen Analysen zeigen eine hohe genetische Vielfalt und Diversität sowie eine hohe Heterozygotie der Population Carlsfeld. Die Werte für diese 3 Merkmale liegen deutlich über den durchschnittlichen Werten der Fichte in Mitteleuropa nach MÜLLER-STARCK und ZIEHE (1991). Nach heutigem Wissensstand weisen diese Werte auf eine hohe Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen hin.

WEISS und HOFFMANN (1969) sowie BRAUN et al. (1983) beobachteten in verschiedenen Provenienzversuchen eine ausgesprochen hohe Stabilität und Anpassungsfähigkeit der Population Carlsfeld an allen Anbauorten.

Die ermittelte hohe Heterozygotie und das Vorliegen von HARDY-WEINBERG-Strukturen in der Population Carlsfeld decken sich nicht mit den Ergebnissen von BERGMANN (1978), der in den Kammlagen der Mittelgebirge oder an der Fichtengrenze im Hochgebirge eine Selektion zugunsten homozygoter Genotypen beobachtete.

An fast allen Genloci konnten seltene Allele nachgewiesen werden. Dies ist ein weiterer Hinweis auf die gute Anpassungsfähigkeit der untersuchten Population. Seltene Allele stellen möglicherweise die „stille Reserve“ einer Population dar, um sich an ändernde Umweltbedingungen anpassen zu können (HATTEMER und MÜLLER-STARCK, 1990).

Im Vergleich mit Fichtenpopulationen aus anderen Herkunftsgebieten weist die Population Carlsfeld deutlich höhere Werte der genetischen Diversität und Heterozygotie an den untersuchten Genloci auf. In der Population Carlsfeld konnten mehr seltene Allele festgestellt werden als in der Schwarzwaldpopulation Schluchsee. Eine mögliche Ursache für das geringere Auftreten seltener Allele in der Population Schluchsee könnte in Allelverlusten und der Reduzierung des Gesamtgenpools bei Überwindung der Alpenbarriere während der postglazialen Wanderung der Fichte in den Schwarzwald liegen.

Dagegen sind sich die genetischen Strukturen der Population Carlsfeld und der Population Tatra National Park mit Ausnahme des Genlocus PGI-B an den in den Vergleich einbezogenen Genloci relativ ähnlich. Beide Populationen stammen vermutlich von der gleichen eiszeitlichen Refugialpopulation ab, die nach der Eiszeit aus dem südlichen Karpatenbogen über die Beskiden, Sudeten bis ins Erzgebirge zurückwanderte (SCHMIDT-VOGT, 1977).

Die Population aus dem finnischen Nationalpark Riisitunturi entstammt dagegen dem nordisch-baltischen Verbreitungsgebiet und ist aus dem mittelrussischen Rückzugsgebiet eingewandert. Dies ist möglicherweise ebenfalls eine Erklärung für die genetischen Unterschiede zur Population Carlsfeld.

Die festgestellten Unterschiede in den genetischen Strukturen werden durch die Ergebnisse von Herkunftsversuchen bestätigt. WEISS und HOFFMANN (1969) ermittelten für Provenienzen aus dem herzynisch-karpatischen Raum eine bessere Wuchsleistung gegenüber Populationen aus Süd- und Südwestdeutschland. Dagegen bestehen nur geringe Unterschiede in der Wuchsleistung zwischen Herkünften aus den Ostkarpaten, der Tatra, den Beskiden, Sudeten und dem Erzgebirge (WEISSGERBER, 1990).

Der Vergleich der genetischen Struktur der Elternpopulation Carlsfeld mit den Strukturen ihrer Nachkommenschaften zeigte nur geringe Unterschiede in der genetischen Vielfalt und Diversität zum einen zwischen den Versuchsstandorten und zum anderen zwischen den Beerntungsjahrgängen. Zur Anlage der Versuche an den beiden Versuchsorten Jonsdorf und Sayda wurde für die Anzucht des Pflanzenmaterials in der Baumschule Graupa des ehemaligen Staatsforstbetriebes Königstein ein- und dasselbe Saatgut verwendet. Die Nachkommenschaften aus den Bestandesbeerntungen 1964 und 1975 weisen 7 Jahre nach Anlage der Versuche in Jonsdorf mit 17,7% deutlich höhere Ausfälle auf als in Sayda mit 10,2%. Die geringeren Werte der genetischen Vielfalt und Diversität sowie der leichte Homozygotenüberschuß am Versuchsort Jonsdorf könnten ein Hinweis auf Selektionsvorgänge sein.

Die Nachkommen des Erntejahrganges 1975 weisen an beiden Versuchsorten höhere Vielfalts- und Diversitätswerte auf als die Nachkommen des Erntejahrganges 1964. Eine Ursache für diese Beobachtung könnte sein, daß, die gleiche Anzahl beernteter Bäume vorausgesetzt, die Blüte und Fruktifikation im Erntejahr 1975 stärker war als im Jahr 1964 oder daß, die gleiche Blüh- und Fruktifikationsintensität vorausgesetzt, die Beerntung 1964 von einer geringeren Anzahl von Bäumen als 1975 stammt. Nachforschungen am Forstamt Eibenstock ergaben außer dem Hinweis, daß im Jahr 1964 die Zapfen sehr klein, im Jahr 1975 dagegen ungewöhnlich groß waren, keine weiteren Angaben zu Anzahl fruktifizierender Bäume oder Anzahl beernteter Bäume. Unabhängig davon kann jedoch bei der Beerntung mit der Auswahl der zu beerntenden Bäume eine künstliche Auslese erfolgen, die die genetische Struktur in welcher Form auch immer beeinflussen kann.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, daß das Saatgut des Beerntungsjahrganges 1964 während der 11jährigen Lagerung durch welche Ursachen auch immer an Keimfähigkeit verloren hat. Angaben über die Lagergeschichte des Saatgutes sowie Ergebnisse von Keimfähigkeitsuntersuchungen oder Angaben über Keimprozentage nach der Aussaat liegen ebenfalls nicht vor.

Der Vergleich der Allelverteilungen an den einzelnen Loci sowie der genetische Abstand zeigte Unterschiede zwischen der Elternpopulation Carlsfeld und ihren Nachkommenschaften an den Genloci NDH-A, PEPCA-A und 6-PGDH-B und -C, die im Einzelfall signifikant sind. FRANKE und KONNERT (1990) berichten ebenfalls darüber, daß die Loci 6-PGDH-B und -C am stärksten zur Unterscheidung von Populationen beitragen. Gemittelt über alle untersuchten Genloci ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede.

Als Differenzierungswert für die Ausgangspopulation Carlsfeld und ihre Nachkommenschaften ergab sich mit 5,3% bzw. 5,2% für die Versuchsorte Sayda und Jonsdorf ein fast identischer Wert, was auf einen geringen Einfluß des Anbauortes schließen läßt.

Zwischen den Nachkommenschaften der beiden Erntejahrgänge und der Elternpopulation wurden gemittelt über alle Loci ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Durch unterschiedliche Fruktifikationsverhältnisse in den jeweiligen Erntejahren kann es zu mehr oder weniger stark

abweichenden Häufigkeitsverteilungen der Allele kommen. KONNERT (1991) stellte bei der Untersuchung verschiedener Generationen natürlich verjüngter Fichtenbestände fest, daß durch die sexuelle Reproduktion die genetische Information weitgehend an die Folgegeneration weitergegeben wird, das Saatgut verschiedener Erntejahre die Allele des Elternbestandes aber in etwas abweichenden Häufigkeiten enthalten kann.

Die ermittelten, überwiegend nicht signifikanten Unterschiede zwischen den Beerntungsjahrgängen stehen im Widerspruch zu Ergebnissen von MÜLLER-STARCK et al. (1982), die bei der Baumart Kiefer am Genlocus LAP-B signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Beerntungsjahrgängen feststellten. Die Autoren schlußfolgern auf der Basis dieses einen Genortes, daß Ernten verschiedener Jahre als genetisch heterogen zu betrachten sind. Bei einer geschätzten Anzahl von etwa 2000 polymorphen Genloci bei der Fichte (HATTEMER, 1978) erscheint es jedoch notwendig, so viele Genloci wie möglich in Untersuchungen dieser Art einzubeziehen.

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen, daß Nachkommenschaften, die aus verschiedenen Beerntungsjahren stammen und an verschiedenen Versuchsorten ausgepflanzt wurden, die genetische Struktur der Ausgangspopulation repräsentieren können. Es kann somit geschlußfolgert werden, daß mit züchterischen Zielvorstellungen angelegte Herkunftsversuche und Bestandesnachkommenschaftsprüfungen für Zwecke der Erhaltung forstlicher Genressourcen verwendet werden können. Um den Genpool möglichst vollständig zu erhalten, sollte jedoch für die Anlage von Erhaltungssamenplantagen aus *Ex-situ*-Pflanzungen Material von allen zur Verfügung stehenden Erntejahrgängen und Anbauorten einbezogen werden.

Danksagung

Für die fachliche Betreuung und Unterstützung sei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Generhaltung, Züchtung und Saatgutwesen, Sächsische Landesanstalt für Forsten Graupa, und Frau Dr. M. KONNERT, Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht Teisendorf, herzlich gedankt.

Literatur

- BERGMANN, F.: The Allelic Distribution at an Acid Phosphatase Locus in Norway Spruce (*Picea abies*) Along Similar Gradients. *Theor. Appl. Genet.* **52**, 57–64 (1978). — BRAUN, H.: Notwendigkeit der Erhaltung des genetischen Potentials. *Soz. Forstwirtschaft* **39**, 82–84 (1989). — BRAUN, H. und KOHLSTOCK, N.: Aufgaben und Ergebnisse der Forstpflanzenzüchtung speziell für die Immissionsschadgebiete der Mittelgebirge der DDR. *AFZ* **45**, 868–873 (1990). — BRAUN, H., WEISS, M. und KOHLSTOCK, N.: Der Anbau von Fichtenherkunftssorten – ein Beitrag zur Erhöhung der Stabilität der Waldbestände. *Soz. Forstwirtschaft* **33**, 88–89 (1983). — FRANKE, A. und KONNERT, M.: Nachkommenschaftsprüfung von Fichtenbeständen des Schwarzwaldes (Herkunftsgebiete 840 08 und 840 09) mit den Zielen: 1. Verbesserung der Immissionstoleranz; 2. Erhaltung der Genressourcen geschädigter Hochlagenbestände („Genbank“). Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, KfK-PEF 60, 97 S. (1990). — GREGORIUS, H. R.: The Concept of Genetic Diversity and its Formal Relationship to Heterozygosity and Genetic Distance. *Math. Biosci.* **41**, 253–271 (1978). — GREGORIUS, H. R. and ROBERDS, J. H.: Measurement of genetic differentiation among subpopulations. *Theor. Appl. Genet.* **71**, 826–834 (1986). — HATTEMER, H. H.: Genetik, Wald und Forstwirtschaft. *Forst- und Holzwirt* **33**(4) (1978). — HATTEMER, H. H. und MÜLLER-STARCK, G.: Evolution von Baumpopulationen als Folge des Waldsterbens? In: H. H. HATTEMER (Hrsg.): Erhaltung forstlicher Genressourcen. Schriften aus der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstl. Versuchsanstalt, Bd. 98, 34–45 (1990). — Institut für Forstwissenschaften Eberswalde (IFE): Fachbereichsstandard Forstsaatgutwesen. TGL 27 248/03, 16 S. (1987). — KONNERT, M.: Vergleich der genetischen Struktur verschiedener Generationen zweier natürlich verjüngter Fichtenbestände des Schwarzwaldes. *Silvae Genetica* **40**(2), 60–65 (1991). — KONNERT, M.: Isoenzymuntersuchungen bei Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) und Weißtanne (*Abies alba* MILL.). Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht, Teisendorf. 74 S. (1995).

— MÜLLER-STARCK, G.: Survey of Genetic Variation as Inferred from Enzyme Gene Markers. In: MÜLLER-STARCK, G. und M. ZIEHE: Genetic Variation in European Populations of Forest Trees. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main. 20–37 (1991). — MÜLLER-STARCK, G., ZIEHE, M., BERGMANN, F., GREGORIUS, H.-R. und HATTEMER, H. H.: Die Samenplantage als Instrument der Vermehrung von Waldbäumen. Allg. Forst- und Jagdzeitung **153**, 220–229 (1982). — MUONA, O., PAULE, L., SZMIDT, A. E. and KÄRKÄINEN, K.: Mating System Analysis in a Central and Northern European Population of *Picea abies*. Scand. J. Forest. Res. **5**, 97–102 (1990). — RABEN, G., ANDREAE, H. und LEUBE, F.: Schadstoffbelastungen in sächsischen Waldökosystemen. AFZ **51**, 1244–1248 (1996). — Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (SLUG):

Monatsberichte zur Immissionssituation Oktober 1995, November 1995, Dezember 1995, Januar 1996, Februar 1996, März 1996. Dresden (1995a, b, c, 1996a, b, c). — Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (SML): Waldschadensbericht 1994. Dresden (1994). — SCHMIDT-VOGT, H.: Die Fichte. Bd. I. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin (1977). — WEBER, E.: Mathematische Grundlagen der Genetik. Fischer Verlag, Jena (1978). — WEISGERBER, H.: Beiträge zur genetischen Variation der Waldbäume und Gefahren der Genverarmung durch Pflanzenzüchtung. Forstliche Forschungsberichte München **107**, 191 S. (1990). — WEISS, M. und HOFFMANN, J.: Neue Ergebnisse eines Provenienzversuches mit Fichte im Erzgebirge und Thüringer Wald. Arch. Forstwesen **18**, 443–466 (1969).

Ensayo de Progenies de Saqui-Saqui (*Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND) sin Aclareo a la Edad Aproximada de 26 Años¹⁾

By G. MELCHIOR²⁾, M. QUIJADA R.³⁾, V. GARAY⁴⁾ y L. VALERA⁴⁾

(Received 26th September 1996)

Resumen

Se presentan y discuten resultados de un ensayo de progenie de *Bombacopsis quinata* (Saqui-saqui) procedentes de cruces controlados y polinización libre en una edad de aproximadamente 26 años. Los resultados en las características de importancia económica muestran diferencias significativas entre sitios y parcialmente entre progenies. La sobrevivencia presenta interacción entre sitios y progenies. El peso específico de la madera comparado con otros sitios resultó sumamente bajo (aproximadamente 0,30). Correlaciones juvenil-adulto entre 8 y 26 años de edad, permitirían una selección temprana en suelos de buena calidad.

Palabras claves: Sobrevivencia, características de crecimiento, rectitud de fuste, peso específico de la madera, correlaciones juvenil/adulto.

FDC: 232.11; 176.1 *Bombacopsis quinata*; (87).

Summary

A progeny test of Bombacopsis quinata (Saqui-saqui) of about 26 years of age without thinning.

By the continuous help of Prof. W. LANGNER the senior author became the possibility to work between 1961 to 1963 and 1968 and 1971 in the Institute of Silviculture of the Faculty of Forestry, Institute of Silviculture in the University of the Andes in Mérida/Venezuela. Results of this stay are evident in the foundation of a section for seed science and forest genetics and scientifically amongst others in the vegetative propagation of Saqui-saqui by branch and stem sets and grafts, which flowered and bore fruits within mostly 1 to 2 years after plantation. As a consequence in various countries of the

natural distribution of the species in question clonal gardens as genetic resources and seed orchards could be established preferably with branch and stem sets. The problemless planting and treatment of the species in plantations made both – the clonal gardens and seed orchards – to a large field of flowering research in Colombia and Venezuela and to an important fountain of seed production for large scale plantations of about 10000 ha especially in Colombia and Costa Rica.

First crosses and open pollinated progenies (*table 1*) made in Venezuela between 1968 and 1971 were cultivated in the institute's nursery in El Irel, and established as progeny test in El Caimital, the University's experimental forest, Barinas state in 1970. That is a site in the Eastern Llanos near the Yuca River with a pronounced dry period between November and March (min. January/February), a precipitation of 1500 mm (max. June/August) and an annual mean temperature of 26 °C. According to HOLDRIDGE El Caimital is a tropical dry forest. Eighty to 135 species/ha, an abundant number of palm trees of only a few species are growing in this forest of gallery. According to the grade of exploitation it is a secondary forest with few precious species as Mahogany and Saqui-saqui. The soils of the 3 test sites are sandy to clay differentiated in higher and lower parts of the ground, the "bancos" and "bajíos", and sporadic inundation for hours or days. The better test site seemed to be the river side ("agrobancor"), followed by the "banco arenoso" and the "banco negro" with higher content of clay and the longer inundations.

The seedlings were planted in June/July 1970 during the raining season without any fertilization but the refined soil of each of the holes of 40 cm of depth and 30 cm x 30 cm of width. The distance between plants were 3.5 m x 2.5 m (banco arenoso, banco negro) and 5 m x 5 m (agrobanco) respectively. The design were disbalanced complete randomized blocks with plots of 4 plants. Between 1970 to 1982 the trial was cleaned 2 times a year by machete and after that time sporadically within the rows till 1995. In 1996 the trial was completely cleaned from weed, climbers and other tree species. No thinning took place within 26 years.

The properties measured and assessed were total height and survival between 1970 to 1982 and circumferences when the trees had a height of more than 2 meters. In the age of 12 years

¹⁾ Prof. Dr. W. LANGNER con felicitaciones y los mejores deseos en nonagésimo cumpleaños.

²⁾ Director y Prof. jubil., Dr. rer. nat., Christian-Rinck-Straße 11, D-35392 Giessen/Alemania.

³⁾ Prof. jubil., PhD., Ing. For., Urb. Las Marías, Edif. María Alejandra, Piso 7, Apto. 7–23, Mérida/Venezuela.

⁴⁾ Prof., Msc., Ing. For., Instituto de Silvicultura, Grupo GENSILV., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes, Mérida/Venezuela.