

**Etablierung eines Transformationssystems für  
die Körnerleguminose *Vicia faba* (L.) zur  
Modifizierung der Aminosäurezusammensetzung  
im Samen**

**Dissertation**

**eingereicht am  
Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie  
der Freien Universität Berlin  
(Institut für Angewandte Genetik)**

**von  
Petra Böttinger  
aus Esslingen**

**Berlin 2004**

1. Gutachter: Prof. Dr. Thomas Schmülling, Freie Universität Berlin

2. Gutachter: Priv. Doz. Dr. Kurt Zoglauer, Humboldt-Universität zu Berlin

Tag der Disputation: 2. September 2004

---

## Inhaltsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| DANKSAGUNG .....   | IV  |
| VERZEICHNIS DER TABELLEN .....   | V   |
| VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN .....  | VI  |
| VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN .....  | VII |
| 1 EINLEITUNG .....   | 1   |
| 1.1 AGRONOMISCHE BEDEUTUNG VON LEGUMINOSEN .....                                   | 1   |
| 1.2 <i>VICIA FABA</i> .....  | 2   |
| 1.3 ZÜCHTUNGSZIELE .....   | 3   |
| 1.4 GENTECHNISCHE VERFAHREN IN DER PFLANZENZÜCHTUNG .....                          | 4   |
| 1.5 GEWEBEKULTUR UND TRANSFORMATION BEI <i>VICIA FABA</i> .....                    | 6   |
| 1.6 MODIFIZIERUNG DER AMINOSÄURENZUSAMMENSETZUNG IN SAMEN VON KÖRNERLEGUMINOSEN .. | 9   |
| 1.7 STRATEGIEN ZUR VERÄNDERUNG DES AMINOSÄUREPROFILS .....                         | 9   |
| 1.8 AUFGABENSTELLUNG .....   | 13  |
| 2 MATERIAL UND METHODEN .....  | 15  |
| 2.1 MATERIAL .....   | 15  |
| 2.1.1 PFLANZENMATERIAL .....   | 15  |
| 2.1.2 BAKTERIEN .....  | 15  |
| 2.1.3 CHEMIKALIEN UND MEDIENZUSÄTZE .....  | 15  |
| 2.1.4 PLASMIDE .....   | 16  |
| 2.1.5 PCR-PRIMER .....   | 17  |
| 2.1.6 ANTIKÖRPER FÜR DIE IMMUNODETEKTION .....                                     | 17  |
| 2.2 METHODEN .....   | 18  |
| 2.2.1 GEWEBEKULTUR UND TRANSFORMATION .....  | 18  |
| 2.2.1.1 ANZUCHT DER PFLANZEN ZUR EXPLANTATGEWINNUNG .....                          | 18  |
| 2.2.1.2 MEDIEN UND KULTURBEDINGUNGEN .....   | 18  |
| 2.2.1.3 INOKULATION UND KOKULTUR .....   | 21  |
| 2.2.1.4 SELEKTION UND PFLANZENREGENERATION .....                                   | 21  |
| 2.2.1.5 GEWÄCHSHAUSBEDINGUNGEN UND „TRIPPEN“ .....                                 | 22  |
| 2.2.2 CYTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN .....  | 22  |
| 2.2.2.1 MATERIALGEWINNUNG .....  | 22  |
| 2.2.2.2 CHROMOSOMENPRÄPARATION FÜR DIE LICHTMIKROSKOPIE .....                      | 22  |
| 2.2.2.3 CHROMOSOMENAUFBEREITUNG FÜR DIE <i>IN SITU</i> -HYBRIDISIERUNG .....       | 23  |
| 2.2.2.4 SONDENHERSTELLUNG UND - MARKIERUNG .....                                   | 23  |
| 2.2.2.5 FLUORESCENZ- <i>IN SITU</i> HYBRIDISIERUNG (FISH) .....                    | 23  |
| 2.2.2.6 FLOW CYTOMETRY .....   | 24  |
| 2.2.3 MOLEKULARBIOLOGISCHE METHODEN ZUR ANALYSE VON NUKLEINSÄUREN .....            | 24  |
| 2.2.3.1 ISOLIERUNG VON DNA AUS PFLANZENMATERIAL .....                              | 24  |

---

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 2.2.3.2   | POLYMERASE-KETTENREAKTION (PCR)  | 25 |
| 2.2.3.3   | SOUTHERN BLOT ANALYSE  | 25 |
| 2.2.3.4   | ISOLIERUNG VON GESAMT-RNA AUS UNREIFEN SAMEN   | 25 |
| 2.2.3.5   | REVERSE TRANSKRIPTION UND RT-PCR   | 26 |
| 2.2.4     | PROTEINANALYSEN UND ENZYMASSAYS  | 26 |
| 2.2.4.1   | PROTEINEXTRAKTION AUS SAMEN UND PROTEINBESTIMMUNG NACH BRADFORD  | 26 |
| 2.2.4.2   | POLYACRYLAMID-GELELEKTROPHORESE (SDS-PAGE)   | 26 |
| 2.2.4.3   | ANALYSE VON PROTEINMUSTERN DURCH IMMUNODETEKTION (WESTERN BLOT)  | 27 |
| 2.2.4.4   | AK-ASSAY ZUM NACHWEIS DER ASPARTATKINASE-AKTIVITÄT   | 27 |
| 2.2.4.5   | HISTOCHEMISCHER GUS-ASSAY  | 27 |
| 2.2.4.6   | PAT-ASSAY ZUM NACHWEIS DER PHOSPHINOTRICIN-ACETYLTRANSFERASE   | 28 |
| 2.2.5     | AMINOSÄUREN-ANALYSEN   | 28 |
| 2.2.5.1   | ANALYSE FREIER AMINOSÄUREN   | 28 |
| 2.2.5.1.1 | EXTRAKTION FREIER AMINOSÄUREN AUS REIFEN SAMEN VON <i>VICIA FABA</i>                                       | 28 |
| 2.2.5.1.2 | PHOTOMETRISCHE BESTIMMUNG DES GEHALTS AN FREIEN AMINOSÄUREN  | 29 |
| 2.2.5.1.3 | HOCHDRUCKFLÜSSIGKEITS-CHROMATOGRAPHIE (HPLC)   | 29 |
| 2.2.5.2   | ANALYSE PROTEINGEBUNDENER AMINOSÄUREN  | 29 |
| 3         | ERGEBNISSE   | 31 |
| 3.1       | VERSUCHE ZUR <i>IN VITRO</i> -KULTUR UND SPROBREGENERATION   | 31 |
| 3.1.1     | SPROBREGENERATION MIT UND OHNE KALLUSPHASE   | 31 |
| 3.1.2     | EINFLUß UNTERSCHIEDLICHER BASALMEDIEN (MS VS. KM)  | 34 |
| 3.1.3     | EINFLUß VERSCHIEDENER HORMONKONZENTRATIONEN IN PHASE II  | 34 |
| 3.1.4     | WIRKUNG VON CASEINHYDROLYSAT UND KOKOSWASSER   | 35 |
| 3.1.5     | REAKTION UNTERSCHIEDLICHER EXPLANTATE  | 36 |
| 3.2       | TRANSFORMATION VON <i>VICIA FABA</i>   | 37 |
| 3.2.1     | INOKULATION/KOKULTUR MIT <i>AGROBACTERIUM TUMEFACIENS</i>  | 38 |
| 3.2.2     | SELEKTION MIT KANAMYCIN UND PHOSPHINOTHRICIN   | 40 |
| 3.2.3     | SPROBREGENERATION IN PHASE II  | 42 |
| 3.2.4     | SPROBVERMEHRUNG UND – ELONGATION (PHASE III)   | 44 |
| 3.2.5     | PFROPFEN UND BEWURZELUNG (PHASE IV)  | 46 |
| 3.3       | CHARAKTERISIERUNG DER TRANSFORMANDEN   | 47 |
| 3.3.1     | MORPHOLOGIE DER PRIMÄRTRANSFORMANDEN   | 47 |
| 3.3.2     | CYTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN  | 49 |
| 3.3.2.1   | ERGEBNISSE DER <i>FLOW CYTOMETRY</i>   | 49 |
| 3.3.2.2   | BEFUNDE DER LICHTMIKROSKOPISCHEN UNTERSUCHUNGEN  | 51 |
| 3.3.3     | SOUTHERN BLOT ANALYSE DER T <sub>0</sub> /T <sub>1</sub> - PFLANZENGEBUNG                                  | 52 |
| 3.3.4     | PCR ANALYSEN DER NACHKOMMENSCHAFT TRANSGENER LINIEN  | 53 |
| 3.3.5     | CYTOGENETISCHE UNTERSUCHUNGEN DER LINIEN 12-1 UND 12-2: FLUORESCENZ- <i>IN SITU</i> -HYBRIDISIERUNG (FISH) | 55 |
| 3.3.6     | EXPRESSIONSANALYSEN  | 58 |
| 3.3.6.1   | ANALYSE DER GUS – EXPRESSION IN LINIE A13  | 58 |

---

|   |     |
|---|-----|
| 3.3.6.2 NACHWEIS DER AKTIVITÄT DES 2S-ALBUMIN 8-GENS ( <i>SFA8</i> ) .....          | 59  |
| 3.3.6.2.1 ANALYSE DER TRANSKRIPTIONSAKTIVITÄT ÜBER RT-PCR .....                     | 59  |
| 3.3.6.2.2 WESTERN BLOT ANALYSE DER <i>SFA8</i> -LINIEN.....                         | 60  |
| 3.3.6.3 NACHWEIS DER GENEXPRESSION VON <i>LYSC</i> IN DEN AK-LINIEN .....           | 61  |
| 3.3.6.3.1 NACHWEIS DER BAKTERIELLEN ASPARTATKINASE DURCH WESTERN BLOT ANALYSE ..... | 61  |
| 3.3.6.3.2 DARSTELLUNG DER ASPARTAT KINASE AKTIVITÄT (AK-ASSAY) .....                | 63  |
| 3.3.7 ZUSAMMENFASSUNG DER ETABLIERTEN LINIEN UND IHRER EIGENSCHAFTEN .....          | 64  |
| 3.4 MODIFIZIERUNG DER AMINOSÄURENZUSAMMENSETZUNG IN DEN SAMEN .....                 | 65  |
| 3.4.1 FREIE AMINOSÄUREN IN SAMEN DER LINIEN 12-2 UND 12-40 .....                    | 65  |
| 3.4.2 PROTEINGEBUNDENE AMINOSÄUREN IN DEN SAMEN DER LINIEN 8-5, 12-1 UND 12-2 ....  | 67  |
| 4 DISKUSSION .....  | 69  |
| 4.1 ENTWICKLUNG DES TRANSFORMATIONSSYSTEMS.....                                     | 70  |
| 4.1.1 GENTRANSFER MIT <i>AGROBACTERIUM TUMEFACIENS</i> .....                        | 70  |
| 4.1.2 EINSATZ VON ANTIBIOTIKA ZUR SELEKTION UND ZUR ELIMINIERUNG DER AGROBAKTERIEN  | 71  |
| 4.1.3 NUTZUNG DES <i>BAR</i> -GENS ALS SELEKTIONSMARKER.....                        | 72  |
| 4.1.4 <i>AGROBACTERIUM</i> VS. <i>PARTICLE GUN</i> .....                            | 73  |
| 4.2 EIGENSCHAFTEN DES REGENERATIONSSYSTEMS.....                                     | 74  |
| 4.2.1 REGENERATIONSSYSTEME MIT „EINFACHEN“ ODER „KOMPLEXEN“ GEWEBEN.....            | 74  |
| 4.2.2 VERWENDUNG UND WIRKUNG VON TDZ .....  | 75  |
| 4.2.3 WIRKUNG VON CASEINHYDROLYSAT UND KOKOSWASSER .....                            | 76  |
| 4.2.4 EFFEKTE DES BASISMEDIUMS UND DER KOHLENSTOFFQUELLE AUF DIE SPROBBILDUNG.....  | 78  |
| 4.3 GENETISCHE UND PHÄNOTYPISCHE VERÄNDERUNGEN IN DEN TRANSGENEN LINIEN .....       | 78  |
| 4.4 UNTERSUCHUNGEN ZUR INTEGRATION UND EXPRESSION DER FREMDGENE .....               | 80  |
| 4.5 ERHÖHUNG DES METHIONINGEHALTS IN SAMEN VON <i>VICIA FABA</i> .....              | 83  |
| 4.5.1 METHIONINREICHE SPEICHERPROTEINE.....   | 83  |
| 4.5.2 DEREGULIERUNG DES ASPARTATSTOFFWECHSELS .....                                 | 85  |
| 4.6 AUSBLICK .....  | 87  |
| 5 ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY .....   | 89  |
| 6 LITERATURVERZEICHNIS .....  | 91  |
| 7 ANHANG.....   | 111 |
| EIGENE, FÜR DIE ARBEIT RELEVANTE PUBLIKATIONEN.....                                 | 115 |

---

## Danksagung

Herrn Prof. Dr. O. Schieder<sup>†</sup>, in dessen Arbeitsgruppe diese Arbeit begonnen wurde, möchte ich für die Bereitstellung des Themas und seine stetige Unterstützung in dieser Zeit danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. T. Schmülling für seine Bereitschaft, die Begutachtung und Vertretung dieser Arbeit am Fachbereich Biologie zu übernehmen. Ebenfalls herzlichen Dank an Herr PD Dr. K. Zoglauer, Humboldt Universität Berlin, für seine freundliche Bereitschaft zur Übernahme des Zweitgutachtens.

Herrn Dr. R. Snowdon, Justus Liebig-Universität Giessen, möchte ich für die Möglichkeit danken, in seinem Labor und mit seiner Unterstützung die FISH-Technik kennenzulernen. Für die Überlassung des AK-Konstrukts möchte ich Herrn Prof. G. Galili, Weizman Institut, Rehovot, Israel danken, ebenso Herrn Dr. M. Meixner (ehem. Angewandte Genetik, FU Berlin) für die Bereitstellung der SFA8-Vektoren. Für die Durchführung von Western Blot-Analysen mit den SFA8-Linien danke ich Herrn Dr. H. Schroeder, CSIRO, Canberra, Australien.

Danke an Wolf-Henning Kusber, BGBM und Dr. Renate Krätke, BfR für die kritische Durchsicht dieser Arbeit. Für die Unterstützung bei Layout und Bildbearbeitungen möchte ich mich bei Dr. Thomas Pickardt bedanken. Herzlichen Dank auch an Simona Hennig und Anke Steinmetz, die mit ihrem Engagement während ihrer Examensarbeiten ihren Beitrag zur Durchführung dieser Arbeit geleistet haben. Nicht zu vergessen Dr. Dirk Enneking, für seine ansteckende Begeisterung für *Vicia* und seine Diskussionsfreudigkeit.

Dank auch an die Mitarbeiter(innen) des Instituts für Angewandte Genetik, die alle auf ihre Weise zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, insbesondere die Leguminosengruppe (Doro, Schokoufeh, Stefan, Clemens,... und alle anderen natürlich auch).

Danke an Gaby, Andi, Dorothee, die WILMAs, Monika, Till und Timon für grosse und kleine Hilfen.

**Die Durchführung der vorliegenden Arbeit wurde durch ein Stipendium zur Förderung des Wissenschaftlichen Nachwuchses (NaFöG) der Freien Universität Berlin und die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert.**

**Der Abschluss der Dissertation wurde ermöglicht durch ein Abschluss-Stipendium des Berliner Programms zur Förderung der Chancengleichheit von Frauen in Forschung und Lehre.**

---

## Verzeichnis der Tabellen

|           | Seite   |     |
|-----------|---|-----|
| Tab. 1.1  | Transgene Körnerleguminosen, nach Somers <i>et al.</i> (2003)   | 8   |
| Tab. 2.1  | Liste der Binärvektoren   | 17  |
| Tab. 2.2  | Verzeichnis der PCR Primer  | 17  |
| Tab. 2.3  | Medien zur direkten Sproßregeneration   | 19  |
| Tab. 2.4  | Medien zur Kallusinduktion  | 20  |
| Tab. 2.5  | Kulturmedien zur Sproßinduktion nach einer Kallusphase  | 20  |
| Tab. 3.1  | Einfluss der Dauer der Kallusphase (I) auf die Induktion von Sprossen in Kulturphase II   | 33  |
| Tab. 3.2  | Vergleich der Sproßregeneration auf unterschiedlichen Basal-Medien (MS und KM)  | 34  |
| Tab. 3.3  | Auswirkung erhöhter TDZ-Konzentrationen auf die Sproßbildung in Phase II  | 35  |
| Tab. 3.4  | Auswirkung komplexer Zusätze (Caseinhydrolysat, Kokoswasser) zum Kallusinduktionsmedium (TNZ) auf die Sproßbildung bei <i>Vicia faba</i> cv. Mythos und Albatross | 36  |
| Tab. 3.5  | Standard-Medien des Arbeitsprotokolls für die genetische Transformation von <i>Vicia faba</i>   | 38  |
| Tab. 3.6  | Einfluss des Alters der zur Explantatgewinnung verwendeten Keimlinge auf die Transformationsrate  | 39  |
| Tab. 3.7  | Zusammenfassung der durchgeführten Transformationen   | 43  |
| Tab. 3.8  | Verzeichnis der aus den Transformationsexperimenten hervorgegangenen, zur Weiterkultur geeigneten Klone   | 46  |
| Tab. 3.9  | PCR Analyse der Nachkommenschaft transgener Linien  | 55  |
| Tab. 3.10 | Zusammenfassung der Linien und ihrer morphologischen, cytologischen sowie molekularbiologischen Charakteristika   | 64  |
| Tab. 3.11 | Bestimmung der Anteile freier Aminosäuren am Aminosäurengesamtgehalt durch HPLC in je 2 Einzelsamen des Wildtyps und den transgenen Linien 12-2 und 12-40         | 66  |
| Tab. 3.12 | Profil der proteingebundenen Aminosäuren in reifen Samen von Kontrollpflanzen und transgenen Linien von <i>Vicia faba</i>   | 67  |
| Tab. 7.1  | Medienscreening zur <i>de novo</i> Sproßregeneration bei <i>Vicia faba</i>  | 111 |

---

## Verzeichnis der Abbildungen

|   | Seite |
|---|-------|
| Abb. 1.1 <i>Feedback</i> Hemmung der Aspartatkinase durch die Endprodukte Lysin und Threonin im Biosyntheseweg der Aminosäuren der Aspartatfamilie                  | 11    |
| Abb. 3.1     Darstellung der Kulturphasen des <i>de novo</i> Regenerationsprotokolls von <i>Vicia faba</i>  | 37    |
| Abb. 3.2     Analyse resistenter Kallusse mittels GUS- oder PAT-Assay   | 41    |
| Abb. 3.3     Darstellung der Kulturphasen des Transformationssystems bei <i>Vicia faba</i>  | 45    |
| Abb. 3.4     Morphologie aberranter Phänotypen transgener Linien von <i>Vicia faba</i>  | 48    |
| Abb. 3.5     DNA-Histogramme transgener Linien und WT-Pflanzen  | 50    |
| Abb. 3.6     Metaphasestadien tetraploider <i>Vicia faba</i> - Linien   | 51    |
| Abb. 3.7     Southern Blot Analyse transgener Pflanzen mit einer Digoxigenin-markierten, <i>nptII</i> -spezifischen Sonde   | 52    |
| Abb. 3.8     Schematische Darstellung der T-DNA Bereiche der Vektoren pGSGluc1, pBIOU und pAN109  | 54    |
| Abb. 3.9     PCR Analyse genomischer DNA der Linien 8-5 und 12-2 zum Nachweis der Gene <i>sfa8</i> bzw. <i>lysC</i>   | 54    |
| Abb. 3.10    Restriktionsverdau der T-DNA von pAN109 zur Überprüfung der Sequenzidentität für die Sondenherstellung   | 56    |
| Abb. 3.11    Fluoreszenz- <i>in situ</i> -Hybridisierung des 8 kb großen T-DNA Inserts in Chromosomen der Linien 12-1 und 12-2                                      | 57    |
| Abb. 3.12    Histologischer GUS-Assay der <i>uidA</i> -Expression bei Linie A13   | 59    |
| Abb. 3.13    Ergebnisse der Transkriptionsanalyse der Linie 8-5   | 60    |
| Abb. 3.14    Immunodetektion des Sonnenblumen 2S-Albumins in den Linien 8-5 und 8-66  | 61    |
| Abb. 3.15    Western Blot Analyse zum Nachweis der Expression der bakteriellen Aspartatkinase ( <i>lysC</i> ) aus <i>E. coli</i> in den Linien 12-1, 12-2 und 12-40 | 62    |
| Abb. 3.16    Bestimmung der Aspartatkinase-Aktivität in Einzelsamen der Linien 12-1, 12-2 und 12-40 mittels enzymatischen AK-Assay                                  | 63    |

---

## Verzeichnis der Abkürzungen

|                       |   |
|-----------------------|---|
| °C                    | Grad Celsius  |
| 2,4-D                 | 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure  |
| <i>A. bidest.</i>     | <i>Aqua bidestillata</i>  |
| <i>A. tumefaciens</i> | <i>Agrobacterium tumefaciens</i>  |
| Abb.                  | Abbildung   |
| AK                    | Aspartatkinase  |
| BAP                   | Benzylaminopurin  |
| <i>bar</i>            | <i>Bialaphos resistance</i> (Resistenzgen aus <i>Streptomyces hygroscopicus</i> ) |
| BNG                   | Brasilnußgen (Paranuß)  |
| bp                    | Basenpaare  |
| BSA                   | <i>bovine serum albumin</i>   |
| Bsp.                  | Beispiel  |
| bzw.                  | beziehungsweise   |
| ca.                   | zirka   |
| CaMV 35S              | 35S-Promotor des Blumenkohlmosaikvirus  |
| Caseinh.              | Caseinhydrolysat  |
| CCD                   | <i>charged coupled device</i>   |
| cDNA                  | komplementäre DNA   |
| CTAB                  | Cetyltrimethyl-ammoniumbromid   |
| cv.                   | Kultivar (Ökotyp)   |
| CY3                   | Fluorochrom (2-Amino-3-Mercapto-Propionamid)                                      |
| DAB                   | Diaminobenzidin   |
| DAPI                  | 4´6-Diamidino-2-Phenylindol   |
| DC                    | Dünnschicht-Chromatographie   |
| DEPC                  | Diethyl-pyrocyanat  |
| DIG                   | Digoxigenin   |
| DMSO                  | Dimethylsulfoxid  |
| DNA                   | Desoxyribonukleinsäure  |
| DTT                   | 1,1-Bis(p-Chlorophenyl)-2,2,2-trichlorethan                                       |
| <i>E. coli</i>        | <i>Escherichia coli</i>   |
| EDTA                  | Ethylendiamintetraessigsäure  |
| ER                    | Endoplasmatisches Reticulum   |
| <i>et al.</i>         | <i>et alii</i> ("und andere")   |
| EtOH                  | Ethanol   |
| FISH                  | Fluoreszenz- <i>in situ</i> -Hybridisierung                                       |
| FITC                  | Fluoresceinisothiocyanat  |
| g                     | Gramm   |
| GUS                   | β-Glucuronidase   |
| h                     | Stunde  |
| HPLC                  | <i>high pressure liquid chromatography</i>  |
| i. d. R.              | in der Regel  |
| IBA                   | Indolylbuttersäure  |
| k                     | Kilo  |
| Kb                    | Kilobasenpaare  |
| KD                    | Kilodalton  |
| KES                   | Karminessigsäure  |
| KM-Medium             | Medium nach Kao & Michayluk (1975)  |
| Km                    | Kanamycin   |
| l                     | Liter   |

---

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| LB/RB                           | linke/rechte Bordersequenz der T-DNA                         |
| LB-Medium                       | Medium nach Luria Bertani                                    |
| M                               | Molarität  |
| min                             | Minute   |
| mRNA                            | <i>messenger RNA</i>   |
| MS-Medium                       | Medium nach Murashige & Skoog (1962)                         |
| NAA                             | Naphtyllessigsäure   |
| nos                             | Nopalinsynthase  |
| NPTII                           | Neomycinphosphotransferase II                                |
| PAGE                            | Polyacrylamid Gelelektrophorese                              |
| PAT                             | Phosphinotricin Acetyltransferase                            |
| PCI                             | Phenol/Chloroform/Isoamylalkohol                             |
| PCR                             | <i>polymerase chain reaction</i>                             |
| PEV                             | <i>position effect variegation</i>                           |
| Picloram                        | 4-Amino-3,5,6-trichlorpicolinsäure                           |
| PMSF                            | Phenylmethylsulfonyl-fluorid                                 |
| PPT                             | Phosphinotricin  |
| PTGS                            | <i>posttranscriptional gene silencing</i>                    |
| PVP                             | Polyvinylpyrrolidon  |
| rDNA                            | ribosomale DNA   |
| RNA                             | Ribonukleinsäure   |
| RT                              | Raumtemperatur   |
| SDS                             | Natriumdodecylsulfat   |
| sec                             | Sekunde  |
| SFA8                            | <i>Sunflower Albumin 8</i>                                   |
| SSC                             | <i>standard saline citrat</i>                                |
| T <sub>0</sub> , T <sub>1</sub> | primäre bzw. erste Filial-Transformandengeneration           |
| Tab.                            | Tabelle  |
| T-DNA                           | transferierte DNA  |
| TDZ                             | Thidiazuron (1-Phenyl- <i>N'</i> -(1,2,3-thiadiazol-yl)urea) |
| TGS                             | <i>transcriptional gene silencing</i>                        |
| Ti-Plasmid                      | Tumor-induzierendes Plasmid                                  |
| Tris                            | Tri-(hydroxymethyl)-aminomethan                              |
| TS                              | Threoninsynthase   |
| U                               | <i>Units</i> (Einheit der Enzymaktivität)                    |
| u. a.                           | unter anderem  |
| <i>uidA</i>                     | Gen der $\beta$ -Glucuronidase                               |
| ÜN                              | über Nacht   |
| Upm                             | Umdrehung pro Minute   |
| v/v                             | <i>Volume per volume</i>                                     |
| w/v                             | <i>Weight per volume</i>                                     |
| WT                              | Wildtyp  |
| X-Gluc                          | 5-Bromo-4-chloro-3-Indol- $\beta$ -D-Glucuronsäure           |
| xg                              | mal Erdbeschleunigung  |
| z. B.                           | zum Beispiel   |
| z. T.                           | zum Teil   |
| $\mu$ g                         | Mikrogramm   |