

Sammlung, Erhaltung und Nutzbarmachung der genetischen Ressourcen von Beta-Rüben (*B. vulgaris* L.) und Wurzelzichorien (*Cicorium intybus* L.)

LOTHAR FRESE

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
und

Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Wageningen¹⁾

1. Einleitung

Beta-Rüben und Wurzelzichorien erzeugen Saccharose bzw. Polyfructosane, die nach industrieller Aufarbeitung in verschiedenen Bereichen der Lebensmittelindustrie Verwendung finden, aber auch zur Gewinnung von anderen industriellen Rohstoffen geeignet sind. Die Produktion von Agraralkohol ist nur eine der vieldiskutierten potentiellen Nutzungsmöglichkeiten von Beta-Rüben.

Bei beiden Wurzelfrüchten handelt es sich um Kulturarten mit unterschiedlicher Ertragsstruktur und in historischer Hinsicht einer völlig verschiedenen Entwicklungsgeschichte. Während die Zuckerrübe seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts mit großem finanziellen und technischen Aufwand einer intensiven Auslese auf Ertrag und Zuckerqualität unterworfen wurde, widmete man der züchterischen Verbesserung der Wurzelzichorie aufgrund der nur regionalen wirtschaftlichen Bedeutung weitaus weniger Aufmerksamkeit.

Die Zuckerrübe ist eine der jüngsten Kulturarten, die in kaum mehr als 200 Jahren zu einer der produktivsten Feldfrüchte entwickelt wurde. In welchem Umfang der relativ kurze aber intensive Selektionsprozeß zu einer Einengung des Zuckerrübenpools geführt hat, was nach Meinung von Bosemark (1989) den weiteren Züchtungsfortschritt gefährden kann, ist noch unklar. Vergleichende Untersuchungen von Nagamine et al. (1989) zum Polymorphismus von Isoenzymen in einem Sortiment von Futterrübensorten sowie monogermen bzw. multigermen Zuckerrübensorten deuten an, daß zumindest die Diversität von Isoenzymen im Zuckerrübensortiment noch erstaunlich hoch ist. Unbestreitbar ist jedoch, daß im Genpool der Zuckerrübe keine oder nur unzureichende genetische Variation für bestimmte Eigenschaften wie Rizomania-Resistenz oder Resistenz gegen den Zystenematoden vorhanden ist. Wildarten und Primitivformen besitzen dagegen eine Vielzahl von interessanten Eigenschaften, die zur Verbesserung der Zuckerrübe verwendet werden können (siehe Literaturübersicht von van Geyt et al., 1990). Da jedoch zeitraubende Rückkreuzungsprogramme notwendig sind, um unerwünschte Eigenschaften der Wildrüben oder Primitivformen wieder zu verdrängen, wurden genetische Ressourcen bislang nur in besonderen Fällen zur Verbesserung der Zuckerrübe eingesetzt. Van Geyt et al. (1990) weisen allerdings darauf hin, daß dieses große und bislang kaum genutzte genetische Potential vermutlich in Zukunft schneller durch gentechnologische Verfahren für die Zuckerrübenzüchtung nutzbar gemacht werden kann. Die Bereitstellung von genetischen Ressourcen darf dann nicht zum

Engpaß für die Pflanzenzüchtung werden. Eines der Hauptanliegen des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung ist deshalb, die Verfügbarkeit von Wildarten und Primitivformen der Gattung Beta zu verbessern.

Um dieses Ziel noch effizienter gestalten zu können, wurde im Rahmen der deutsch-niederländischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der pflanzengenetischen Ressourcen neben dem hier bereits bei der Kartoffel bestehenden Gemeinschaftsprojekt eine spezielle Zusammenarbeit für die Beta-Rüben aufgebaut.

Bei der Wurzelzichorie muß dagegen der Schwerpunkt auf Ertragszüchtung gesetzt werden. Wurzelzichorien fallen unter die Kategorie 'potentielle Fruchtarten', deren Anbau in Deutschland noch nicht wirtschaftlich ist.

Der folgende Beitrag ist in zwei Hauptabschnitte gegliedert.

Zunächst werden einige der wesentlichen Zielsetzungen und Aktivitäten des deutsch-niederländischen Beta-Programmes beschrieben. Danach folgt eine Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse zur Nutzbarmachung der genetischen Ressourcen der Wurzelzichorie.

2. Aktivitäten im Rahmen des deutsch-niederländischen Beta-Programmes (1986-1990)

Die deutsch-niederländische Zusammenarbeit begann 1974 mit dem Aufbau einer gemeinsam finanzierten Sammlung von genetischen Ressourcen der Kartoffel. Das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL erhielt die Verantwortung für die Leitung und Durchführung des Kartoffelprogrammes. Mit der Gründung des niederländischen Zentrums für Genetische Ressourcen (CGN) in Wageningen wurden 1986 geeignete Voraussetzungen für die Gründung eines zweiten kooperativen Programmes geschaffen. Beta-Rüben wurden von beiden Partnerinstituten gewählt, da die FAL in Braunschweig bereits eine umfangreiche Beta-Sammlung besaß und zudem für die International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) Beta-Basissammlung verantwortlich war. Das Beta-Programm wird am CGN in Wageningen durchgeführt. Die Arbeitsschwerpunkte des Programmes sind Sammlung und Erhaltung der Wild- und Kulturformen, Biosystematik und Taxonomie sowie internationaler Datenaustausch.

2.1 Konservierung genetischer Ressourcen

Sammelexpeditionen im Zeitraum 1987-1990

Die Sammlungen pflanzengenetischer Ressourcen leiten u.a. ihre Existenzberechtigung aus der Tatsache ab, daß im

¹⁾ Diese Publikation basiert auf der deutsch-niederländischen Zusammenarbeit bei der Sicherung pflanzengenetischer Ressourcen.

Verlauf der vergangenen Jahrzehnte die Biodiversität durch Umweltzerstörungen erheblich eingeschränkt wurde und wird. Durch Küstenschutzmaßnahmen, wie z.B. in den Niederlanden, aber vor allem auch durch Massentourismus, Überweidung und Flurbereinigungsmaßnahmen werden die natürlichen Habitate von Wildrüben verändert und Populationen vernichtet. Hotelanlagen und Massentourismus wirken sich im Mittelmeerraum und zunehmend auch in der Türkei nachteilig auf den Fortbestand von Wildrüben aus. Die genetische Diversität von Beta Sektion Corollinae, deren Arten

meist als Ackerbegleitflora auftreten, wird dagegen eher durch intensive Landnutzung eingeschränkt. Armenien beispielsweise ist als eines der wichtigen Verbreitungsgebiete von Corollinae-Arten beschrieben worden. In der Literatur- und Herbarübersicht von Buttler (1977) wurden noch mehrere Fundortorte allein in der Region des Sevan Sees genannt. Heute existieren von diesem Material anscheinend nur noch wenige Populationen (Frese et al., 1990) auf entlegenen, wirtschaftlich nicht nutzbaren Standorten. Der Verlust von Populationen wurde vermutlich durch landwirtschaftliche Maßnahmen verursacht, wie z.B. durch die Anlage eines Bewässerungssystems in der Region des Sevan Sees. Die Ausbeutung des Sevan Sees als Wasserreservoir führte seit 1950 zu einer Absenkung des Wasserspiegels um ca. 10 m (zeitweise sogar 20 m), was vermutlich zu einer veränderten Zusammensetzung der Vegetation in dieser Region und möglicherweise zum Verlust der Corollinae-Populationen geführt hat. Aber auch durch die Einführung der großflächigen Bewirtschaftung von Acker- und Weidflächen durch Kolchosen und Sowchosen sind vermutlich Populationen der Corollinae-Arten zerstört worden. Die stets weiter fortschreitende genetische Erosion bei Wild- und Primitivformen der Gattung Beta, die hier nur beispielhaft dargestellt wurde, unterstreicht die Bedeutung von Sammelreisen und die Notwendigkeit der Konservierung von Wildrüben und deren verwandten Kulturformen in Sammlungen pflanzengenetischer Ressourcen.

Abbildung 1: Geographische Verbreitung der Gattung Beta

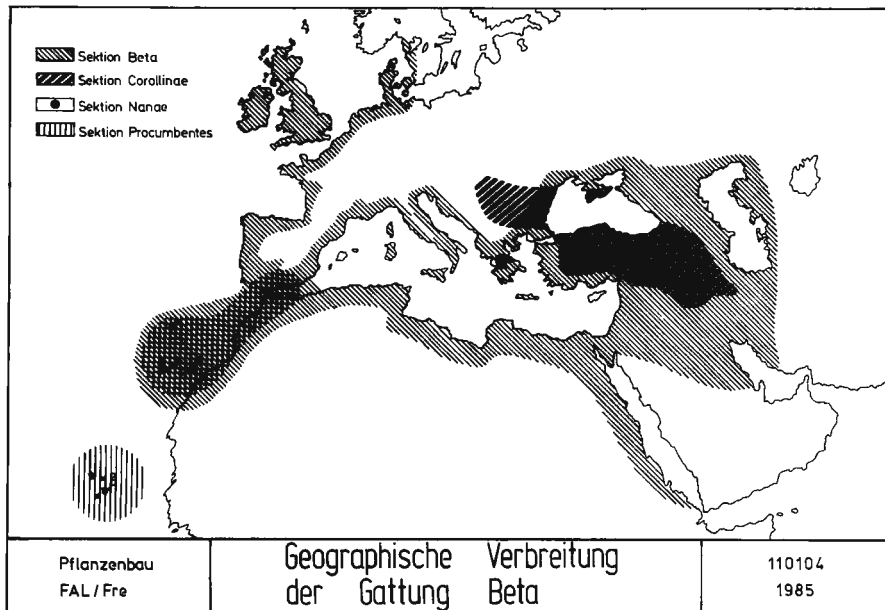


Tabelle 1: Ergebnisse der Sammelreisen

Jahr	Dauer	Land	wichtigste Ergebnisse
1987	14 Tage	IRL	44 Populationen <i>B. vulgaris</i> ssp. <i>maritima</i> .
1988	6 Tage	NL/D	7 Populationen <i>B. vulgaris</i> ssp. <i>maritima</i> .
1988	14 Tage	ESP	32 Populationen <i>B. vulgaris</i> ssp. <i>maritima</i> .
1989	16 Tage	PRT/ESP	30 <i>B. vulgaris</i> L., 7 <i>B. macrocarpa</i> Guss.
1989	14 Tage	ESP	1 <i>B. vulgaris</i> L., 17 <i>B. macrocarpa</i> Guss., 3 <i>B. patellaris</i> .
1990	21 Tage	UdSSR	51 Muster verschiedener Gattungen. Davon 8 Beta sp. und 25 <i>Lactuca</i> sp.
1990	42 Tage	TUR	Mehr als 240 Muster. Hauptsächlich Beta Sektion Beta und Sektion Corollinae.

Wildarten der Gattung Beta sind von der Südwestküste Norwegens bis zu den Kapverdischen Inseln und in West-/Ostrichtung von den Kanarischen Inseln über den gesamten Mittelmeerraum bis hin zur Westküste des indischen Subkontinentes verbreitet. Die Arten der Sektion Corollinae sind endemisch in der Türkei und in der Kaukasusregion (Abb. 1).

Sammelexpeditionen zur Sicherung der genetischen Ressourcen wurden von verschiedenen internationalen wie auch nationalen Institutionen durchgeführt. Eine Inventur des weltweit vorhandenen Bestandes an Beta-Mustern (Frese und van Hintum in IBPGR, 1989) zeigte jedoch, daß der Bestand in geographischer Hinsicht unvollständig ist. Deshalb hat sich das CGN im Rahmen der deutsch-niederländischen Zusammenarbeit in den vergangenen Jahren aktiv an der Planung sowie Durchführung von Sammelreisen beteiligt. Es wurden, mit Ausnahme der Türkei, stets Regionen ausgewählt, in de-

nen bislang kein Material gesammelt wurde. Die Ergebnisse der Sammelreisen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die Sammelreisen haben den Weltbestand an genetischen Ressourcen der Beta-Rübe in sinnvoller Weise ergänzt und gleichzeitig zur genaueren Beschreibung der heutigen Arealgrenzen der einzelnen Arten beigetragen. Dies gilt insbesondere für die Wildrübe *B. macrocarpa* Guss., die während der Sammelreise in Südostspanien und in Portugal gefunden wurde. Diese Wildart besitzt offensichtlich ein Verbreitungszentrum in Almerien und breitet sich von dort nach Norden entlang der spanischen Ostküste sowie entlang der Algarve bis in Höhe des 39° 30' Breitengrades aus. *B. macrocarpa* findet man gelegentlich zusammen mit der nahe verwandten Wildart *B. vulgaris* ssp. *maritima* (L.) Arcangeli. Da im Feld keine Hybridformen gefunden wurden, kann angenommen werden, daß unter natürlichen Standortbedingungen der Austausch von Genmaterial zwischen beiden Taxa zumindest eingeschränkt ist. Auch andere Indizien, wie z.B. Unterschiede im Blütezeitpunkt (zeitliche Isolierung), deuten darauf hin, daß *B. macrocarpa* Guss. als eigenständige Art oder Unterart des *B. vulgaris* *maritima* (L.) Komplexes gehandhabt werden kann.

Aus biosystematischer Sicht interessantes Material wurde auch während der Expeditionen in der Türkei und im Kaukasus gesammelt. Die hier hauptsächlich verbreitete Sektion Corollinae besteht nach Buttler (1977) aus drei Basisarten (*B. corolliflora*, *B. macrorhiza* und *B. lomatogona*) sowie zwei abgeleiteten Hybridsippen (*B. intermedia* und *B. trigyna*). Die zwei Basisarten sowie beide Hybridsippen traten an einigen Standorten in der Türkei gemeinsam auf (pers. Mitteilung von A. Tan und E. de Meijer). Die entsprechenden Muster sind somit geeignet, um die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen diesen 4 Taxa aufzuklären. Während der Sammelreise im Kaukasus wurden am Rand des Verbreitungsgebietes der Sektion Corollinae Muster der Wildart *B. macrorhiza* gefunden. Die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen dem von Buttler (1977) postuliertem kaukasischen Genpool der *B. macrorhiza* und dem türkischen Genpool derselben Art konnten bislang mangels geeignetem Material nicht untersucht werden.

Der Bestand der deutsch-niederländischen Beta-Sammlung wurde im Zeitraum von 1987-1990 von 1498 auf 2007 Muster (einschließlich Duplikate) durch Sammelreisen aber auch durch Übernahme von Teilen der Arbeitssammlung der ehemaligen Foundation for Agricultural Plantbreeding (SVP) erhöht.

Saatgutvermehrung und Minimalbeschreibung

Das Material wird am CGN in Hanfstreifen und in Isoliergeväxshäusern vermehrt. Unterstützung erhält das CGN hierbei von Zuchtbetrieben in Belgien, Dänemark, Frankreich, England und der Bundesrepublik Deutschland. Während der Vermehrung werden morphologische Merkmale der Muster beschrieben. Seit 1987 wurden 3875 Evaluierungsdaten (z.B.: Beginn und Ende der generativen Phase, Wuchsform, Blattdicke, Auftreten von männlich sterilen Pflanzen etc.) ermittelt und dokumentiert. Daten über Blühverlauf und Saatgutproduktion der sehr unterschiedlich auf Vernalisation und Tageslänge reagierenden Wildarten und Primitivformen dienen u.a. zur Optimierung des Vermehrungsprogrammes.

2.2 Biosystematik und Taxonomie

Zu Beginn des Beta-Programmes im Jahr 1986/87 zeigte sich, daß eine eindeutige taxonomische Einordnung der Muster

auf der Grundlage der gängigen Bestimmungsschlüssel für die Sektion Beta nicht möglich war. Unter der Leitung des Instituts für Pflanzentaxonomie der Landwirtschaftlichen Universität Wageningen wird deshalb seit 1988 im Rahmen einer Dissertation an der Revision von Beta sectio Beta gearbeitet. Das Forschungsprojekt soll insbesondere zum besseren Verständnis der Strukturen genetischer Diversität von Wildformen der Sektion Beta beitragen. Auf dieser Grundlage kann schließlich ein verbessertes Klassifikationssystem für die Sektion Beta entwickelt werden. Bessere Kenntnisse über die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Taxa dieser Sektion und über die genetische Variabilität innerhalb von Taxa sowie mehr Informationen über die geographische Verteilung von beispielsweise Resistenzeigenschaften sind für eine zielgerichtete Evaluierung und systematische Nutzung des Beta-Sortimentes unerlässlich.

Unter anderem wurde 1988 mit der Untersuchung eines Sortimentes von Wildrübenpopulationen (*B. vulgaris* L.) begonnen, die sowohl entlang der Küste Siziliens als auch im Inland gesammelt wurden. Es sollte festgestellt werden, welchen Einfluß räumliche Isolierung zwischen Populationen sowie unterschiedliche Standortbedingungen (hauptsächlich Meereshöhe der Fundorte) auf morphologische Eigenschaften von Populationen haben. Sizilien bot für diese Fragestellung den Vorteil eines relativ kleinen, in sich geschlossenen Teilareals mit einer ökologisch sehr vielgestaltigen Landschaft. Wie die Untersuchung eines Weizensortimentes aus Sizilien (Bogyo et al., 1980) zeigte, können unterschiedliche Klima- und Bodeneigenschaften der Fundorte zur Entstehung von morphologisch distinkten Populationen führen. Bei der überwiegend fremdbefruchtenden Wildrübe *B. vulgaris* L. scheint jedoch eine derartige Wechselwirkung zwischen Standort und Eigenschaften der Population nur schwach ausgeprägt zu sein. *B. vulgaris* L. in Sizilien formt sehr wahrscheinlich einen Hybridschwarm von nahe verwandten Populationen. Ein deutlich erkennbares geographisches Verteilungsmuster für einzelne Merkmale ließ sich nicht nachweisen. Mit Hilfe der Diskriminanzanalyse gelang allerdings eine schwache Auftrennung des geprüften Sortimentes in eine inländische sowie in eine maritime Gruppe von Wildrübenpopulationen.

Neben einigen distinkten Populationen wurden in der Regel hochpolymorphe Populationen beobachtet. Für das Überleben dieser Wildart, die in einem sehr dynamischen Habitat beheimatet ist, scheint die Aufrechterhaltung von Polymorphismen innerhalb von Populationen wichtig zu sein. Männliche Sterilität (Tan, 1982) und Windbestäubung sichern die dazu notwendige Fremdbefruchtung. Hierdurch wird genetische Diversität innerhalb einer Population bevortet, die die Eroberung von ökologisch unterschiedlichen Standorten und das Überleben in einem häufig gestörten Habitat ermöglicht.

Die Untersuchungen werden z.Z. in Zusammenarbeit mit dem Institut für Pflanzentaxonomie (LU Wageningen) durch die Analyse des geographischen Verteilungsmusters von Allelen verschiedener Isoenzymssysteme abgerundet. Sollte sich erweisen, daß auch bei diesen Merkmalen nur geringe (genetische) Unterschiede zwischen Populationen vorliegen, so könnte die vorhandene Sizilien-Sammlung, die aus mehr als 100 Mustern besteht, rationalisiert werden. Dies ist ein wesentlicher ökonomischer Aspekt, der mit Untersuchungen zur Biosystematik der Wildrüben verbunden ist.

2.3 Die Internationale Daten Basis für Beta (IDBB)

Die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Kulturpflan-

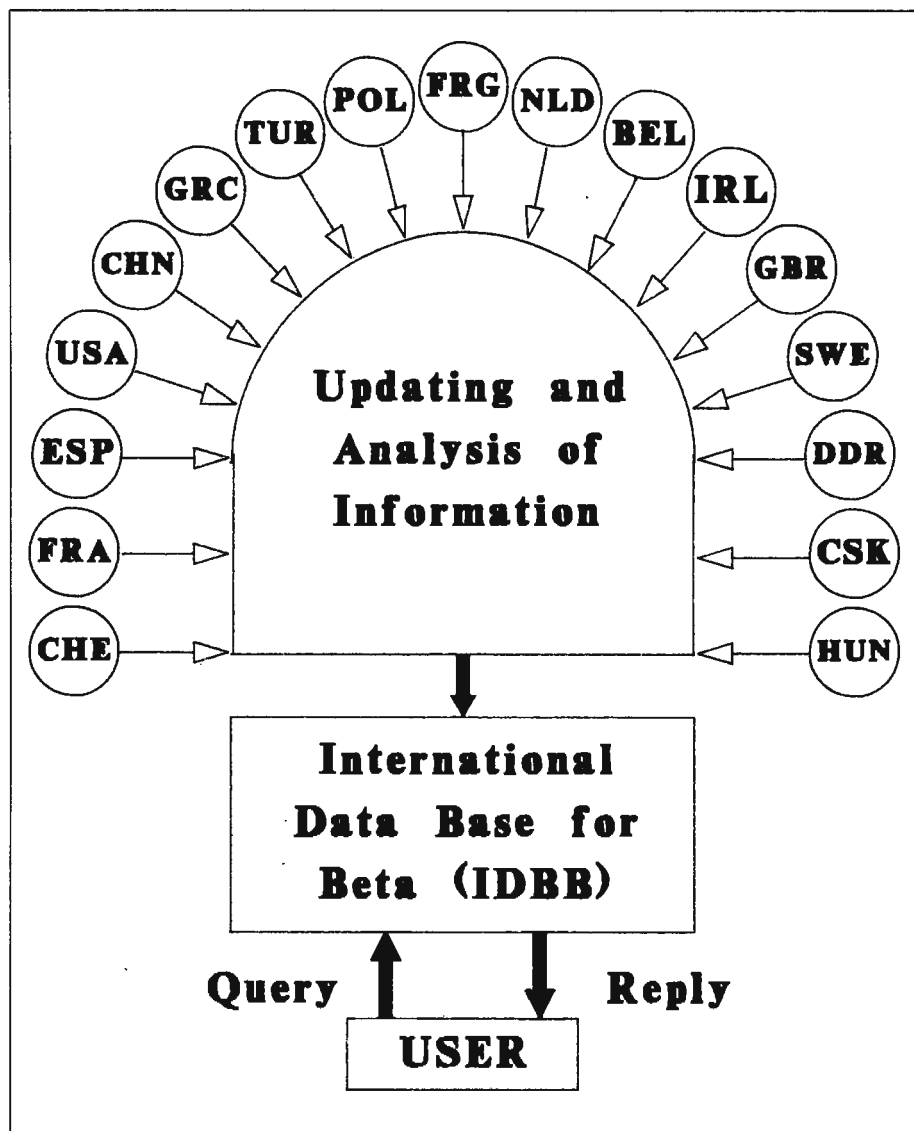
zenarten ist eine internationale Gemeinschaftsaufgabe, die durch Arbeitsteilung rationalisiert und effizienter gestaltet werden kann. Jede der rund 26 mit der Erhaltung und Nutzbarmachung von Beta-Mustern befaßten Institutionen in Europa, Asien und in den USA trägt in unterschiedlicher Weise hierzu bei. Das USDA/ARS Beta-Programm ist z.B. sehr aktiv auf dem Gebiet der Sammlung von genetischen Ressourcen und im Bereich der agronomischen Evaluierung. Die spezifischen Kenntnisse und Interessen des CGN liegen dagegen auf dem Gebiet der Datendokumentation und des Informationsaustausches. Datenaustausch zwischen den einzelnen nationalen Beta-Programmen ist eine wichtige Voraussetzung für internationale Zusammenarbeit. Seit 1987 ist das CGN im Rahmen der deutsch-niederländischen Zusammenarbeit für die Internationale Daten Basis für Beta (IDBB) verantwortlich (Frese und van Hintum in IBPGR, 1989). Die IDBB ist eines der fruchtartspezifischen Informationszentren für genetische Ressourcen, die mit Unterstützung des European Cooperative Programme for Conservation and Exchange of Crop Genetic Resources (ECP/GR) errichtet wurden. Gegenwärtig umfaßt der Datenbestand der IDBB Informationen über Passportdaten von 7317 Muster (einschließlich Duplikate etc.), die

in 19 verschiedenen Einrichtungen gelagert werden. Das Informationssystem hat in relativ kurzer Zeit den Zugang zu den genetischen Ressourcen der Kulturrübe wesentlich verbessert. Das CGN kann mit Hilfe dieses Informationssystems z.B. Sortimente für spezifische Züchtungsvorhaben oder Forschungsprojekte aus verschiedenen nationalen Saatgutbeständen zusammenstellen und bei der Vermittlung des Materials behilflich sein. Diese kostenlose Dienstleistung, die keinerlei Einschränkungen unterliegt, wird bereits durch Forschungseinrichtungen und Zuchtbetriebe in Anspruch genommen. Länder, die Informationen an die IDBB abgegeben haben, zeigt Abbildung 2.

Gegenwärtig wird die IDBB hauptsächlich verwendet, um den weltweit vorhandenen Bestand an Beta-Mustern zu inventarisieren, Lücken im Gesamtbestand festzustellen und Duplikate zu identifizieren. Tabelle 2 gibt einen Überblick über den derzeitigen dokumentierten Bestand an Originalmustern.

Je nach Kriterium lassen sich unterschiedliche Bestandesanalysen durchführen. Tabelle 3 zeigt beispielweise den Bestand an Beta-Arten innerhalb verschiedener nationaler Sammlungen.

Abbildung 2: Struktur und Funktion der Internationalen Datenbasis für Beta (IDBB)



Darüber hinaus funktioniert die IDBB als Bindeglied zwischen den Mitgliedern der 'Internationalen Beta Netzwerkorganisation'. Diese internationale Arbeitsgruppe wurde während eines 'International Beta Genetic Resources Workshop' gegründet. Sie gilt als eine der ersten funktionsfähigen internationalen Netzwerkorganisationen, die mit Unterstützung des International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) geschaffen wurden. Die Zusammenarbeit zwischen Mitgliedern des Beta-Netzwerkes hat mit dem Austausch von Daten und der Arbeitsteilung bei der Durchführung von Sammelexpeditionen bereits begonnen und kann in Zukunft auf andere Bereiche erweitert werden. Als ständiges Mitglied des Koordinierungsausschusses (Beta Coordinating Committee) ist der jeweilige Leiter des deutsch-niederländischen Beta-Programmes für die Koordinierung der Arbeitsgruppe verantwortlich.

3. Genetische Ressourcen der Wurzelzichorie und deren Nutzbarmachung

Am Beispiel der Wurzelzichorie läßt sich zeigen, wie ökonomische Rahmenbedingungen zum Verlust von genetischen Ressourcen beitragen können. Zichorien sind nicht nur zur Gewinnung von Ersatzkaffee oder natürlichen Farbstoffen geeignet, sondern auch zur Erzeugung von Fructosesirup, der im Bereich der Konfekt- und Erfrischungsgetränkeindustrie technologische Vorteile gegenüber dem

Kristallzucker besitzt. Diese Kulturart speichert Reservekohlenhydrate in Form von Polyfructosanen, die nach enzymatischer Spaltung ein Gemisch von ca. 75 % Fructose und 25 % Glucose ergeben. Das Monomergemisch ist wesentlich süßer

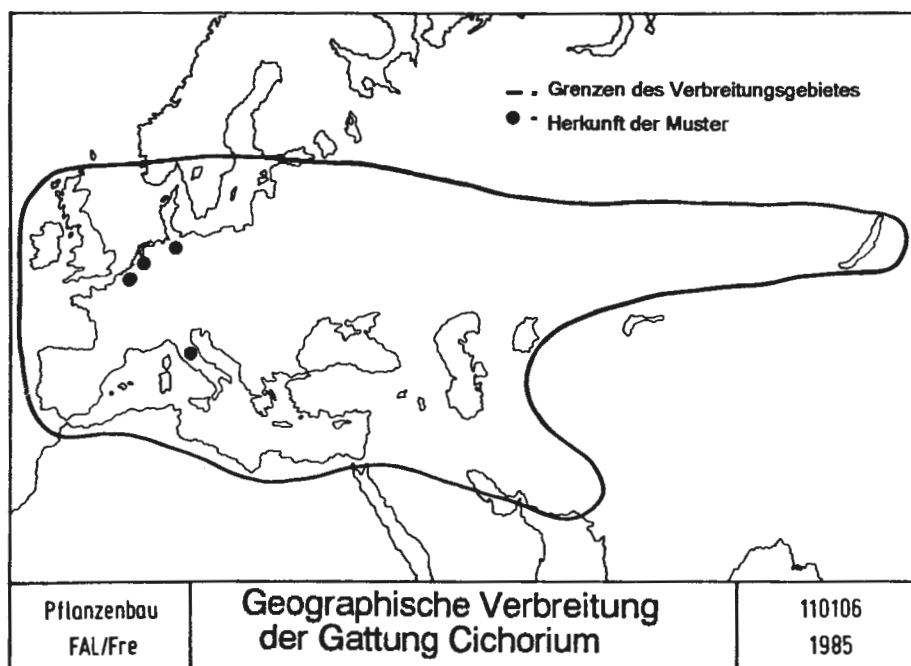
als Saccharose (Flemming und Groot Wassink, 1979) und ist deshalb als Weißzuckersubstitut geeignet. Diese Kenntnisse sind nicht neu. Schon in den 20iger Jahren wurden Experimente zur Herstellung von Süßungsmitteln aus

Tabelle 2: Anzahl der Muster/Donor sortiert nach Musterkategorie

Donor	MOS	SDS	SDA	PRD	NOG	NOC	Total
001CHN (China)	44			6			50
AISBRC (Ireland)	13			2			15
ARARI (Turkey)	114						114
BARCPI (United States)	1813			124	11	2	1950
BIRDPB (United Kingdom)	818			197	9	1	1025
BLOBAI (Poland)	46				50		96
DYOSAP (France)	8			37			45
GGB (Greece)	679			61		1	741
INRALR (France)	14						14
MERRVP (Belgium)	45				28	53	126
NEDBEG (Netherlands/FRG)	1106	328	224	111	20	333	2131
NGB (Sweden)	25				2	2	29
NVRS (United Kingdom)	50			28		1	79
NYONRA (Switzerland)	56			10			66
OLORBI (Czechoslovakia)	122			65	1		188
PRAGGR (Czechoslovakia)	75			27	75		177
TAPRCA (Hungary)	75			22	13		110
ZARAE (Spain)				1	110		111
ZIGUK (East Germany)	193			56		1	250
Summe	5296	328	224	777	345	338	7317

Erklärungen: Donor= Sammlung oder Institut, das Passportdaten zur Verfügung stellte. MOS= Originalmuster, SDS= Sicherheitsduplikat, SDA= Sicherheitsduplikat, vorhandene Saatgutmenge ausreichend für Abgabe von Material, PRD= vermutlich ein Duplikat, NOG= nicht im Verantwortungsbereich von Sammlungen (z.B. triploide Hybridsorten), NOC= nicht mehr im Bestand (z.B. bereinigte Duplikate).

Abbildung 3: Geographische Verbreitung der Gattung *Cichorium*



Wurzelzichorien unternommen (Willaman, 1920 zit. in Guiraud et al., 1983). Es kam allerdings nie zu einer nennenswerten Produktion, da die damals verfügbaren Extraktions- und Hydrolyseverfahren zu ineffizient waren (Klaushofer und Schiesser, 1984). So eroberte die Zuckerrübe ohne einheimische Konkurrenz den Markt für Süßungsmittel, obwohl die Erträge an verwertbaren Kohlenhydraten beider Kulturarten noch in den 30er Jahren durchaus ebenbürtig waren (vergl. Oltmann et al., 1984 mit Nuding, 1935). Mit dem Rückgang der Ersatzkaffeeproduktion in den Nachkriegsjahren ging in Deutschland das Interesse an der Wurzelzichorie zurück. Mehrere Sorten, die Nuding (1923) noch beschrieb, gingen verloren.

Heute haben sich jedoch mit der Entwicklung von neuen Verarbeitungsverfahren auf enzymatisch/mikrobieller Basis (Flemming und Groot Wassink, 1979; Guiraud et al., 1983) die technologischen und damit ökonomischen Rahmenbedingungen verändert, und so könnte die Wurzelzichorie wieder zu einem Bestandteil der landwirtschaftlichen Fruchtfolgen werden. Die Wiedereinführung des Zichorienanbaus wird jedoch nur dann gelingen, wenn die ökonomische Konkurrenzfähigkeit durch besondere Förderungsprogramme gesteigert wird. Die züchterische Verbesserung vorhandener Sorten wird hierbei eine entscheidende Rolle spielen. Deshalb wurde 1984 mit dem Aufbau von Basispopulationen der Wurzelzichorie am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung begonnen. Zunächst soll jedoch einleitend die am Institut vorhandene Sammlung von *Cichorium spp.* beschrieben werden.

3.1 Konservierung

Verbreitungsareal und Taxonomie

Die Gattung *Cichorium* besteht aus wenigen Arten und botanischen Varietäten (Tab.4, nach Tutin et al., 1967 und Mansfeld, 1986), deren Verbreitungsareale (Abb. 3) sich aufgrund der wenigen Informationen nur annähernd beschreiben lassen.

Tabelle 3: Anzahl der Originalmuster/Donor und Taxon

Botanischer Name	ARARI	BARCPI	BIRDPB	GGB	MERRVP	NEDBEG	PRAGGR	TAPRCA	NYONRA	ZIGUK	Others	Total
Beta sp.	8	6	10			19	1					44
B.vulgaris ssp.maritima	1	432	159	316		141	6			17	15	1087
B.vulgaris ssp.maritima var.maritima						1				9		10
B.vulgaris ssp.maritima var.macrocarpa		9	8	12		33				4	1	67
B.vulgaris ssp.maritima var.atriplicifolia		7	3			2					2	14
B.vulgaris ssp.maritima var.trojana			1			2						3
B.vulgaris ssp.adanensis	2		19			2						23
B.vulgaris ssp.orientalis		1	2			1				1	2	7
B.vulgaris ssp.patula		4	5			3	1				1	14
B.vulgaris	68	513	63	323		48	12			16	2	1045
B.vulgaris ssp.cicla	29	26	20			28				17	1	121
B.vulgaris ssp.cicla var.cicla			1				23		9	18	2	53
B.vulgaris ssp.cicla var.flavescens		13	6			1			46	6		72
B.vulgaris ssp.vulgaris		4	87	1		44			1	8	2	147
B.vulgaris ssp.vulgaris var.conditiva		6	39			34	83	25		46	48	281
B.vulgaris ssp.vulgaris var.crassa			33		45	58	13	24		36	33	242
B.vulgaris ssp.vulgaris var.altissima		669	192			152	44	26		6	34	1167
B.corolliflora		8	6			91	1			2	2	110
B.macrorhiza	1	12	7			32	1				2	55
B.lomatogona	4	24	26			103	3			3	3	166
B.intermedia		8	5			206						219
B.trigyna	1	17	26			32	6			1	2	85
B.nana		1	1	27		29						58
B.procumbens		16	45			6	2			1	2	72
B.patellaris		28	36			33	1			2	1	101
B.webbiana		9	18			5					1	33
Summe	114	1813	818	679	45	1106	197	75	56	193	156	5296

Abkürzungen: ARARI= Plant Genetic Resources Research Institute, Izmir, Turkey; BARCPI= Beltsville Agricultural Research Centre, Beltsville, Maryland, USA; BIRDPB= University of Birmingham, Department of Plant Biology, Birmingham, United Kingdom; GGB= Greek Gene Bank, Thessaloniki, Greece; MERRVP= Rijksproefstation voor Plantenveredeling, Merelbeke, Belgium; NEDBEG= Dutch-German cooperation on beet genetic resources, Wageningen, the Netherlands; PRAGGR= Research Institute of Plant Production, Genebank, Praha, Czechoslovakia; NYONRA= Station Federale de Recherches Agronomiques de Changins, Nyon, Switzerland; ZIGUK= Zentralinstitut für Genetik und Kulturpflanzenforschung der Akademie der Wissenschaften, Gatersleben, früher DDR.

Gemüsebaulich genutzte Formen (Chicorée und Endivie) wurden in Frankreich, Belgien und in den Niederlanden, aber vor allem in Südeuropa (Italien) angebaut. Die in Italien noch vorhandenen Landsorten sind durch die Einführung von modernen Sorten gegenwärtig verdrängt (Mitteilung der Zuchtfirma J. Wagner). Große ruderale Bestände der Wilden Zichorie wurden während der Beta-Sammelreisen in Portugal, im Kaukasusgebiet, aber auch in Griechenland und in Deutschland beobachtet. Die Wilde Zichorie scheint als typische Ruderalpflanze der Straßenränder zur Zeit nicht im Fortbestand gefährdet zu sein. Die in Braunschweig vorhandene Sammlung der Gattung *Cichorium* besteht aus 252 Herkünften (Tab. 4). 80 % der Muster gehören zur Art *C.intybus*. Die Herkünfte der Wilden Zichorie stammen fast ausschließlich aus der Region nordöstlich und südlich von Braunschweig und repräsentieren somit nur einen geringen Anteil des Genpools dieser Varietät.

C.intybus ist eine sehr variable, insektenbestäubende und mehr oder weniger selbstinkompatible Art (Cichan, 1983). Sie umfaßt drei deutlich voneinander unterscheidbare Varietäten. Neben der weit verbreiteten Wilden Zichorie ('Wegwarte') sind sehr unterschiedliche Blattnutzungsformen (Chicorée, Zuckerhut, Radicchio) und Formen mit verdickter Wurzel bekannt. Letztere werden vorwiegend in europäischen Anbaugebieten zur Erzeugung von Ersatzkaffee angebaut. *C.endivia* kann man anhand von Blattmerkmalen in drei verschiedene Formkreise unterteilen. Alle Varietäten sind selbstfertil.

Die geringe wirtschaftliche Bedeutung der Gattung *Cichorium* würde aus heutiger Sicht kaum den Aufbau einer geo-

graphisch lückenlosen Sammlung analog zur Beta-Sammlung rechtfertigen. Sollte jedoch der Wurzelzichorienanbau unter veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen wieder zunehmen, so muß die Bedeutung der verwandten Wildarten als Spender für Resistenzeigenschaften neu beurteilt werden.

3.2 Nutzbarmachung

Die Wurzelzichorie gilt heute als eine sehr robuste Feldfrucht, die nur selten von Krankheiten oder Schädlingen befallen wird. Die Gesundheit dieser Kulturart hat jedoch weniger mit einem hohen Grad erblicher Resistenz als vielmehr mit einem weit gestellten Fruchtwechsel zu tun, der die Entstehung von Populationsdichten der Schaderreger oberhalb der wirtschaftlichen Schadensschwelle verhindert. In der Anbauanleitung für Chicorée (Anonym, 1989) und von van Hee und Bockstaele (1983) werden eine Reihe von Krankheitsregenern genannt, u.a.: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia violaceae*, *Verticillium dahliae*, *Puccinia cichorii* und *Erysiphe cichoriacearum*. Weiterhin ist bekannt, daß die Zichorie durch einen Mosaikvirus (Überträger *Mycus persicae* und *Myus ascalonicus*), durch *Meloidogyne hapla*, *Pseudomonas*, *Phoma* und *Alternaria* geschädigt wird (Mitteilung der Firma Florimond Desprez). Aus pflanzenbaulicher Sicht sind ferner mangelnde Salztoleranz des keimenden Samens als auch der Jungpflanze (mögliche Schädigung durch 2. N-Gabe) und das schlechte Aufschlußvermögen für Bor von Bedeutung. Bislang ist nichts über die genetische Variabilität von Resistenzeigenschaften im Formkreis der Varietät *C.intybus var.sativum* bekannt. Sollte jedoch die vorhandene Variabilität nicht ausreichen, so läßt sich vermutlich ein großes genetisches Potential in Form von Wildarten und nahe verwandten Kulturformen für die züchterische Verbesserung der Wurzelzichorie ausschöpfen.

Das Hauptproblem der Wurzelzichorienzüchtung ist gegenwärtig die unbefriedigende Ertragsleistung, die z.T. auf die langsame Jugendentwicklung zurückzuführen ist. Ob die Wurzelzichorie wieder Bestandteil unserer Fruchtfolgen werden kann, hängt im wesentlichen vom genetischen Leistungspotential, der vorhandenen genetischen Variabilität und dem damit verbundenen möglichen Züchtungsfortschritt ab. Von der Wurzelzichorie existieren weltweit nur wenige und vermutlich z.T. eng verwandte Sorten. Es war daher begründet anzunehmen, daß diese Kulturart nur über eine begrenzte genetische Basis verfügt. Deshalb untersuchten Frese und Dambroth (1987) das Ertragspotential von *C.intybus var.foliosum* (Blattnutzungsformen) und die Frage, ob Herkünfte der Blattnutzungsformen kurzfristig zum Züchtungsfortschritt bei Wurzelzichorien beitragen können. Es zeigte sich, daß die Einkreuzung von Chicorée in den Formkreis der Wurzelzichorie den Ertrag an nutzbaren Kohlenhydraten senken würde. Chicorée, aber auch ertragreiche Formen der Wil-

Tabelle 4: **Klassifikation und Bestand der Gattung *Cichorium* am BGRC**

Botanischer Name	Anzahl/ Taxon
<i>C.intybus</i>	20
<i>C.intybus var.intybus</i> (Wilde Zichorie)	83
<i>C.intybus var.sativum</i> (Wurzelzichorie)	29
<i>C.intybus var.foliosum</i> (Chicorée etc.)	67
<i>C.endivia</i>	22
<i>C.endivia var.endivia</i> (Schmalblättrige Endivie)	-
<i>C.endivia var.latifolium</i> (Breitblättrige Endivie)	21
<i>C.endivia var.crispum</i> (Krause Endivie)	9
<i>C.pumilum</i> (Synonym für <i>C.endivia ssp.divaricatum</i> ?)	1
<i>C.spinosum</i>	-
Total	252

den Zichorie, sind demnach allenfalls im Rahmen einer langfristig angelegten Züchtungsstrategie von Interesse.

Vergleichende Untersuchungen von Meijer und Borm (1990) deuten an, daß die Zucker-/Inulinerträge neuerer Sorten der Wurzelzichorie mit denen von Zuckerrüben und Topinambur vergleichbar und, wenn die Süßkraft des Endproduktes berücksichtigt wird, sogar überlegen sein können. Untersuchungen zum Züchtungspotential der Wurzelzichorie (Frese et al., 1991) ergaben, daß der Ertrag an nutzbaren Kohlenhydraten (Inulin bzw. Fructose/Glucose) durch Selektion innerhalb des vorhandenen Wurzelzichoriensortimentes noch erheblich gesteigert werden kann. Es scheint demnach, daß die genetischen Ressourcen der Zichorie für den Pflanzenbau auch kurzfristig gesehen wieder nutzbar gemacht werden können.

Zusammenfassung

Das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL ist u.a. für die Sicherung und Nutzbarmachung der genetischen Ressourcen von Wurzelrüben (Beta-Arten, Cichorium-Arten) verantwortlich. Dabei wird die Gattung Beta im Rahmen der deutsch-niederländischen Zusammenarbeit im Bereich der Agrarforschung am Centre for Genetic Resources (CGN) in den Niederlanden bearbeitet. Durch Sammlungsreisen in Irland, in den Niederlanden, Portugal, Spanien, in der Türkei und in der südlichen UdSSR sowie durch die notwendige Saatgutvermehrung von Wild- und Kulturformen der Rübe werden genetische Ressourcen für die Pflanzenzüchtung sichergestellt. Die Entwicklung von verbesserten Sammlungsstrategien für Beta Sektion Beta ist eines der Ziele von biosystematisch/taxonomischen Untersuchungen, die vom Institut für Pflanzentaxonomie der LU Wageningen in enger Zusammenarbeit mit dem CGN durchgeführt werden. Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit zur Sicherung und Nutzbarmachung der genetischen Ressourcen der Beta-Rübe wurde 1987 mit dem Aufbau der Internationalen Datenbasis für Beta (IDBB) begonnen. Dieses Informationssystem dient seit 1989 zur Koordination der internationalen Beta Netzwerk Organisation. Unter der Schirmherrschaft des International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) wurde das Beta Netzwerk gegründet, um im internationalen Verband die verschiedenen nationalen Aktivitäten zur Sicherung der genetischen Ressourcen zu rationalisieren und deren Erforschung und Nutzbarmachung zu stimulieren. Zur Zeit verbindet dieses Netzwerk mehr als 20 Institutionen.

Während das deutsch-niederländische Beta-Projekt im wesentlichen die Verbesserung der Verfügbarkeit von Wild- und Kulturmateriale für Züchtung und Forschung zum Ziel hat, liegt der Schwerpunkt bei Wurzelzichorien im Bereich der Ertragszüchtung. Ein im Zeitraum von 1984-1987 an der FAL durchgeführtes Projekt zur Nutzbarmachung der genetischen Ressourcen der Wurzelzichorie zeigte, daß durch Selektion innerhalb des vorhandenen Wurzelzichoriensortimentes der Ertrag an industriell verwertbaren Kohlenhydraten noch erheblich gesteigert werden kann.

Collection, preservation and utilisation of plant genetic resources of Beta rape (*B. vulgaris* L.) and root chicory (*Cichorium intybus* L.)

The Institute of Crop Science and Plant Breeding (FAL) is, among other things, responsible for safeguarding and utilization of genetic resources of root crops (*Beta* sp. and *Cichorium* sp.). Within the framework of the German-Dutch cooperation in the field of agricultural research, the responsibility for

the genus Beta is shared with the Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN) which currently deals with the genus Beta. Through collection of wild material in Ireland, the Netherlands, Portugal, Spain, Turkey and in the southern USSR as well as through the necessary seed increase of wild and cultivated forms, the genetic resources are being safeguarded for plant breeding. The development of improved collection strategies for Beta section Beta is one of the objectives of a biosystematic/taxonomic research project which is being implemented by the Institute for Plant Taxonomy of the Agricultural University Wageningen (the Netherlands) in close cooperation with CGN. Within the framework of the international cooperation on conservation and utilization of genetic resources, the International Data Base for Beta (IDBB) was established in 1987. Since 1989 this information system is being applied to coordinate the Beta network organization. Under the auspice of the International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), the Beta network was founded in 1989 to rationalize the various national genetic resources conservation activities at international level and to stimulate research on and the use of genetic resources. This network currently integrates more than 20 institutions.

While the prominent aim of the German-Dutch Beta project is to improve the availability of wild and cultivated germplasm for breeding and research, in Cichorium priority was given to the improvement of yield performance. A project on the utilization of the genetic resources of root chicory was implemented between 1984-1987 at the FAL. It has shown that the yield of carbohydrates exploitable for industrial purposes can be considerably increased by selection within the available root chicory variety collection.

Literatur

Anonym: Teelthandleiding nr.12, augustus 1989. Proefstation en Consulentschap in Algemene Dienst voor de Akkerbouw en de Groen teteelt in de Vollegrond. Proefstation Lelystad.

Bogyo, Th.P., Porceddu, E. und Perrino, P.: Analysis of sampling strategies for collecting genetic material. *Economic Botany* 34 (1980), S.160-174.

Bosemark, N.O.: Prospects for beet breeding and use of genetic resources. - In: International crop network series. Report of an International Beta Genetic Resources Workshop. Wageningen, February 1989. IBPGR, Rome.

Buttler, K.P.: Revision von Beta Sektion Corollinae (Chenopodiaceae) I. Selbststerile Basisarten. - In: *Mitt. Bot. München* 13 (1977), S.255-336.

Cichan, M.A.: Self-fertility in wild populations of *Cichorium intybus* L. - In: *Bull. of the Torrey Botanical Club* 110 (3), (1983), S.316-323.

Flemming, S.E. und Groot Wassink, J.W.D.: Preparation of high fructose syrup from the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosum* L.). - In: *CRC Critical reviews in food science and nutrition* 11 (1979), S.1-28.

Frese, L. und Dambroth, M.: Reserch on the Genetic Resources of Inulin-Containing Chicory (*Cichorium intybus*). - In: *Plant Breeding* 99 (1987), S.308-317.

Frese, L. und van Hintum, Th.L.J.: The International Data Base for Beta. - In: International crop network series. Report of an International Beta Genetic Resources Workshop. Wageningen, February 1989. IBPGR, Rome.

- Frese, L., Dambroth, M. und Bramm, A.: Breeding Potential of Root Chicory (*Cichorium intybus* L. var. *sativum*). - In: Plant Breeding (1991), im Druck.
- Geyt, J.P.C. van, Lange, W., Oleo, M. und Bock, Th.S.M. de: Natural variation within the genus Beta and its possible use for breeding sugar beet: A review. - In: Euphytica 49 (1990), S.57-76.
- Guiraud, J.P., Bajon, A.M., Chautard, P. und Galzy, P.: Inulin hydrolysis by an immobilized yeast-cell reactor. - In: Enzym Microb. Technol. 5 (1983), S.185-190.
- Hee, L. van und Bockstaele, L.: 10. Chicorée à café. 10.1 La culture de chicorée. - In: Revue de l'agriculture 36 (3), (1983), S.1015-1023.
- Klaushofer, H. und Schiesser: Zur Lagerfähigkeit von Topinamburknollen. I. Material und Methoden. - In: Die Branntweinwirtschaft 1. Dezemberheft (1984), S.414-420.
- Mansfeld, R.: Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen 3, (1986), S.1324-1326. Hrsg.: J. Schultze-Motel, Akademie-Verlag Berlin.
- Meijer, W. und Borm, G.: Twee gewassen voor één markt. - In: Landbouwkundig Tijdschrift 102 (3), (1990).
- Nagamine, T., Catty & B.V. Ford-Lloyd: Phenotypic polymorphism and allele differentiation of isozymes in fodder beet, multigerm sugar beet and monogerm sugar beet. - In: Theor. Appl. Genet. 77 (1989), S.711-720.
- Nuding, J.: Ein Beitrag zur Zichoriensortenfrage. - In: III. Landwirt. Zeitung 43 (1923), S.168-169.
- Nuding, J.: Einfluß von Standort und Ernährung auf Menge und Güte der Zichorienenernte. - In: Pflanzenbau 11 (1935), S.447-473.
- Oltmann, W., Burba, M. und Bolz, G.: Die Qualität der Zuckerrübe, Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Maßnahmen zu ihrer Verbesserung. - In: Fortschritte der Pflanzenzüchtung, Beihefte zur Z.Pflanzenzüchtung, Heft 12.
- Tutin, H.G. et al.: Flora Europa 4 (1976), S.304-305. Cambridge.
- Verfasser: Frese, Lothar, Dr. rer. hort., Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. agr. M. Dambroth;
- Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), seit dem 1. Januar 1991 ein Teil des Centre for Plant Breeding and Reproduction Research (CPRO) in Wageningen.