

SHIFT-Projekt ENV-23

Rekultivierung degradiertes, brachliegender
 Monokulturflächen in ausgewogene Mischkulturflächen
 unter besonderer Berücksichtigung
 bodenbiologischer Faktoren

634.99
 5555r
 1993

Förderkennzeichen 0339457A

Jahresbericht 1993

Arbeitsgruppe Manaus
 EMBRAPA/CPAA - Universität Hamburg

Redaktion:
 H. Preisinger & L. Gasparotto

Rekultivierung degradiertes,
 1993 RT-2003.00057



7940-1

Geographische, topographische und bodenkundliche Standortfaktoren und -gradienten der SHIFT-Experimentalfläche

Adauto M. Tavares, Helmut Preisinger & Gilvan C. Martins

Resumo:

Fatores geográficos, topográficos e edáficos e gradientes existentes na área experimental do projeto SHIFT

Uma avaliação da área experimental de 19 ha, através de métodos usualmente aplicados para experimentos agrícolas, em condições de campo, seria difícil devido às diferenças de ambiente e gradientes entre parcelas e blocos. Portanto, para avaliação final, é necessário considerar técnicas (multivariadas) que são comuns em ecologia. O estudo preliminar objetivou detectar supostos gradientes e correlações entre as inclinações das 90 parcelas e alguns parâmetros do solo (pH, Ca, Mg, P, Al e matéria orgânica). Além disso, foram detectados gradientes espaciais dos parâmetros do solo, sob consideração. Uma pré-condição para essas análises, foi um levantamento planialtimétrico da área experimental, complementada com fotografias aéreas, as quais serão analisadas posteriormente. Os resultados da presente avaliação mostram baixas ou nenhuma correlações entre os fatores do solo e a inclinação das parcelas, mas distintos gradientes espaciais de Ca, Mg, Al e P na área experimental. Os últimos resultados são discutidos como uma consequência do uso agrícola inicial dos sítios, devido aos diferentes períodos e intensidades de uso.

Summary:

Geographic, topographic and edaphic site factors and gradients in the SHIFT experimental area

An evaluation of the 19 ha experimental area (made up of five blocks) by methods usually applied to agricultural field experiments would be difficult because of environmental differences and gradients between plots and blocks. For a final evaluation, it is therefore necessary to consider (multivariate) techniques which are common in community ecology. This first, preliminary study aims to detect supposed gradients, correlations between the slopes of the 90 plots and some soil parameters (pH, Ca, Mg, P, Al, organic material). Moreover, spatial gradients of the soil parameters under consideration were detected. A precondition for these analyses was a topographic survey of the experimental area. The latter was complemented by aerial photos which

will be analysed later. The results of the present evaluation show no or weak correlations between soil factors and plot slopes, but clear spatial gradients of Ca, Mg, Al and P in the test area. The latter results are discussed as a consequence of former agricultural use of the sites, due to differing periods and intensities of use.

1 Problemstellung

Bei landwirtschaftlichen Feldversuchen strebt man für alle Parzellen gleiche Standortbedingungen an, um die Wirkungen von Behandlungen bzw. Versuchsvarianten (unterschiedliche Düngung, Bodenbearbeitung u.a.) möglichst isoliert studieren zu können. Die Effekte von Standortunterschieden zwischen Parzellen gleicher Behandlung (Wiederholungen) müssen also klein sein gegenüber der Wirkung der Behandlung auf die Pflanzen, wenn eine Wirkung nachweisbar sein soll. Im Gegensatz dazu hat man es bei synökologischen Untersuchungen, z.B. in der Vegetationskunde, mit vorgegebenen Standortfaktoren und -unterschieden zu tun, die bei Untersuchungsbeginn weder genau bekannt, noch wählbar oder beeinflussbar sind. Soll die Wirkung eines bestimmten Ökofaktors ermittelt werden ("natürlicher" Standortfaktor oder "Behandlung" in einem Versuch), so muß seine Wirkung von der der anderen unterscheidbar sein.

Feldversuche und synökologische Freilanduntersuchungen (oder -versuche) haben also unterschiedliche Grundziele, und ihre statistische Auswertung muß deshalb grundsätzlich verschieden sein:

- Grundfrage von Feldversuchen: Welche Wirkung(en) haben geplante, definierte Manipulationen des Standortes auf Nutzpflanzen? Die Auswertung von Feldversuchen erfolgt vorwiegend durch die Varianzanalyse, aber auch durch Regressions- und Korrelationsanalyse (s. Schuster & Lochow 1979). Multifaktorielle Analysemethoden kommen meist nur dann zum Einsatz, *wenn der Versuch mehrfaktoriell angelegt wurde.*
- Grundfrage bei synökologischen Freilanduntersuchungen: Welches sind die wichtigsten Standortfaktoren, durch die sich die Muster von Pflanzen- oder Tierpopulationen erklären lassen? Bei synökologischen Freilanduntersuchungen kommen von vornherein nur multivariate Analyseverfahren in Frage, weil immer die Artenkombinationen von Standorten mit bestimmten (gemessenen, geschätzten oder beobachteten, kardinal, ordinal oder nominal skalierten) Umweltvariablen korreliert werden müssen (s. hierzu z.B. Greig-Smith 1979 und Jongman, Ter Braak & Van Tongeren 1987).

Eine Auswertung des 19 ha-Experiments nach den Methoden der Feldversuche ist nicht ohne weiteres möglich, da zwischen den einzelnen Parzellen und Blöcken Standortunterschiede bestehen, die evtl. eine erheblich größere Wirkung auf die Entwicklung der Nutzpflanzen nehmen als die unterschiedlichen Behandlungen¹. Es war und ist deshalb erforderlich, vorab zu prüfen, ob und welche Standort-Gradienten auf der Experimentalfläche existieren und welche Wirkung sie auf die Muster der *spontanen Vegetation* haben. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß die Nutzpflanzen ähnlich auf diese Standortunterschiede reagieren wie die Wildpflanzen. Geographische, topographische und bodenkundliche Standortfaktoren-Komplexe² sowie solche der Vor-Nutzung werden dabei für wesentlich erachtet und deshalb erfaßt. Nachfolgend werden die geographische Lage der Untersuchungsfläche sowie Gradienten der Topographie und des Bodens dargestellt und diskutiert. Die Arbeiten zur (multivariaten) Korrelation dieser Faktoren mit der spontanen Vegetation sind noch nicht abgeschlossen. Erste Ergebnisse hierzu werden bei Preisinger, Coelho & Siqueira (in Vorber.) dargestellt.

Die vorgelegte Analyse kann als eine vorbereitende Arbeit für die detaillierten bodenkundlichen Untersuchungen, die Mitte des Jahres 1994 beginnen sollen, betrachtet werden.

2 Methoden

2.1 Vermessung der Untersuchungsfläche

Die Vermessung erfolgte mit einem Theodoliten Pentax TH-20D³. Es wurden die Flächengröße und Form vermessen (Planimetrie) und in einer Karte (M 1:1.000) dargestellt, die Geländeform vermessen (Nivellement) und die Versuchsfläche in 90 Parzellen von je 48 x 32 m² eingeteilt. Da eingemessene Höhenpunkte in der Region fehlen, wurde der vordere linke Eckpunkt der Parzelle e8 als 50 m über dem Meeresspiegel festgelegt. Alle anderen Höhenangaben der Karte beziehen sich auf diesen Meßpunkt. Aus den Höhenpunkten in dem Raster der Versuchsparzellen wurden

¹ Überlegungen zur Flächenauswahl zu Beginn des Projekts s. Jahresbericht 1992.

² Standortfaktoren-Komplexe i.S. von Billings (1952) und v. Weihe (unveröff.); s. hierzu Preisinger (1991, S. 23ff).

³ Trotz der größeren Meßgenauigkeit des geometrischen Nivellements (s. z.B. Gelhaus & Kolouch 1991) wurde hier aus Gründen einer schnellen Fertigstellung der Vermessungsarbeiten der trigonometrischen Höhenübertragung der Vorzug gegeben, da die erzielbare Meßgenauigkeit des letztgenannten Verfahrens für den Zweck vollständig ausreichend ist.

Höhenlinien mit 25 cm Höhenäquidistanz interpoliert und diese in eine Höhenlinien-Karte (M 1:1.000) eingezeichnet. Den Höhenlinien wurde das Raster der Versuchspartzellen überlagert.

Das Versuchsgelände der EMBRAPA ist nicht genau vermessen. Eine topographische Karte gibt es lediglich im Maßstab 1:50.000⁴. Für Dokumentationszwecke wurden im Mai 1993 Luftaufnahmen des EMBRAPA-Geländes, einschließlich der Experimentalfläche, angefertigt. Die Aufnahmen wurden mit folgendem technischen Gerät angefertigt:

- Überflug mit einer Cesna des Aeroclub de Manaus, seitlich offen; Flugeschwindigkeit: 300km/h, Flughöhen: 500m und 900m;
- Kleinbildkamera Canon F1, Objektive f=28 und f=50mm, Aufnahmen freihändig;
- Kamera-Neigung: bis zu 90°.

Mit Hilfe der Luftaufnahmen soll u.a. eine Übersichtskarte des EMBRAPA-Geländes im Maßstab 1:5.000 angefertigt werden. Der Überflug wird zum Ende des Projekts wiederholt, um Veränderungen der Versuchsfläche und des Wegesystems (z.B. Erosionsschäden) zu dokumentieren.

2.2 Bodenprobennahme

Bis jetzt wurden zu drei Zeitpunkten Bodenproben entnommen (vgl. Jahresbericht 1993):

1. vor dem Roden und Brennen der Fläche im August 1992 (nur Teilflächen, rasterförmige Probennahme aufgrund der dichten Sekundärvegetation nicht möglich),
2. direkt nach dem Roden und Brennen (annähernd rasterförmig),
3. Vier Monate nach dem Roden und Brennen und nach Vermessung und Parzellierung der Fläche.

Die 3. Probennahme, die erstmalig eine exakte rasterförmige Bodenprobennahme und damit die Ermittlung evtl. vorhandener Gradienten von Bodenkennwerten gestattete, wurde folgendermaßen durchgeführt:

⁴ Ministério do Exército, Dep. de Engenharia e Comunicações, Diretorio de Serviço Geográfico Região Norte do Brasil, folha SA.21-Y-A-IV-3 (Efigênio de Sales)

1. Entnahme von ca. 3 dm³ Boden mit der Pflanzschaufel aus den oberen 15cm (Probennahme einschließlich Ah und organischer Auflage, soweit vorhanden, dabei Entnahme von jeweils einer Bodenprobe aus der Mitte der Parzellen (=90 Proben);
2. Probennahmen mit dem Edelman-Bohrer aus Bodentiefen von 0-100 cm aus der Mitte von je einer Parzelle der Blöcke a, b, c, d und e. Die Proben wurden in Tiefenstufen von 10 cm getrennt analysiert.
3. 6 Bodenproben wie unter (1) aus der 1 ha-Referenzfläche (Sekundärwald).

Die folgenden Analysen konnten bisher im Bodenkundelabor des CPAA durchgeführt werden: pH, Ca, Mg, Al, P und organische Substanz. Nachfolgend werden nur die Bodenproben der 3. Bodenprobennahme aus der Mitte der Parzellen und aus 0-15 cm Tiefe ausgewertet (Mittel- und Extremwerte s. *Bueno*).

2.3 Statistische Analysen

Die Analyse der räumlichen Gradienten der Elementgehalte auf der Experimentalfläche wurde in folgender Weise durchgeführt:

Für die Erfassung räumlicher Standortgradienten wurden, ausgehend von Parzelle a1, allen 90 Parzellen Koordinaten zugewiesen, und zwar in der Längsausdehnung der Fläche (Block a-e) von 1-24 und in der Breitenausdehnung (N-S) von 1-15 (Koordinaten 1/1 für Parzelle a1 bis 24/15 für Parzelle e8). Diese Koordinaten wurden (univariat) mit den Bodenfaktoren korreliert.

Für die Erfassung mittlerer Flächenneigungen wurden für alle Parzellen die Neigungswinkel errechnet. Diese ergeben sich aus der maximalen Differenz der Höhen der Eckpunkte der Parzellen dh und dem Abstand dieser Eckpunkte x als $\tan \alpha = dh/x$. Dabei wird vereinfachend davon ausgegangen, daß die Parzellen schiefe Ebenen darstellen.

Zur Untersuchung von Korrelationen zwischen den Elementgehalten Ca, Mg, Al, P sowie pH und dem Anteil der organischen Substanz im Boden und den genannten geographischen und topographischen Parametern wurde der Spearman-Rank-Korrelations-Test herangezogen (Programm SIGMA-STAT[®]). Eine multivariate Analyse dieser Faktoren im Hinblick auf die spontane Vegetation (CANOCO, Ter Braak 1981) erfolgt bei Preisinger, Coelho & Siqueira (in Vorber.).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Geographische Lage der Experimentalfläche und Topographie (Höhenlinien-Karte⁵)

Die Untersuchungsfläche liegt 28 km nordöstlich von Manaus in 2° 51' südlicher Breite und 59° 52' westlicher Länge. Die Fläche befindet sich auf einem Höhenrücken, ist langgestreckt und hat eine maximale Längenausdehnung von 1412 m in Richtung WNW. An ihrer breitesten Stelle mißt sie 200 m und an ihrer schmalsten Stelle 75 m (weitere allgemeine Angaben zur Experimentalfläche s. Jahresbericht 1992).

Die Topographie der Untersuchungsfläche weist die folgenden Merkmale auf: Der höchste Ort befindet sich im Block e, im Schnittpunkt der Parzellen e5, e6, e13 und e14 (h=50,3m), der niedrigste im linken vorderen Eckpunkt der Parzelle d17 (h=40,0m). Die Untersuchungsfläche hat also einen maximalen Höhenunterschied von 10m. Zwischen den Parzellen d3 und d4 befindet sich eine Senke, so daß diese Parzellen einen Neigungswinkel von 4,4° bzw. 5,6° aufweisen. Zur Südwestseite der Blöcke a bis c fällt das Gelände um bis zu ca. 4m ab. Nur ca. 23 % der Parzellen kann man als annähernd eben ansehen (Höhendifferenz in der Parzelle < 0,5m). Aus der Übersicht (Abb. 1) geht hervor, daß Block a den höchsten Anteil "ebener" Parzellen aufweist. Am südwestlichen Rand der Blöcke a-c fällt das Gelände ab. Die Parzellen der Blöcke d und e weisen überwiegend Flächenneigungen über 1° auf.

3.2 Bodenfaktoren und Topographie: räumliche Gradienten und ihre Bedeutung für die spätere Interpretation des Blockexperiments

Es wird vermutet, daß die unterschiedlichen Neigungswinkel der Parzellen eine Reihe von Standortfaktoren des Bodens beeinflussen, die für die Fläche als Pflanzenstandort von Bedeutung sind. Deshalb wurden die Rang-Korrelationen zwischen dem mittleren Neigungswinkel der Parzellen und den z.Z. zur Verfügung stehenden Bodenkennwerten pH, Ca, Mg, Al, P und organische Substanz des Bodens geprüft (bisher gemessene Bodenkennwerte s. *Bueno*). Die Ergebnisse des Tests ergeben keine oder sehr schwache Korrelationen zwischen diesen Faktoren (Tab. 1, Spalte Neig). Es stellen sich zwei Fragen: 1. welche anderen, hier (noch) nicht untersuchten Bodenfaktoren, die von den bereits untersuchten unabhängig sind, werden durch die Flächenneigung beeinflusst?

⁵ Auf die Wiedergabe der großformatigen Höhenlinienkarte muß hier verzichtet werden.

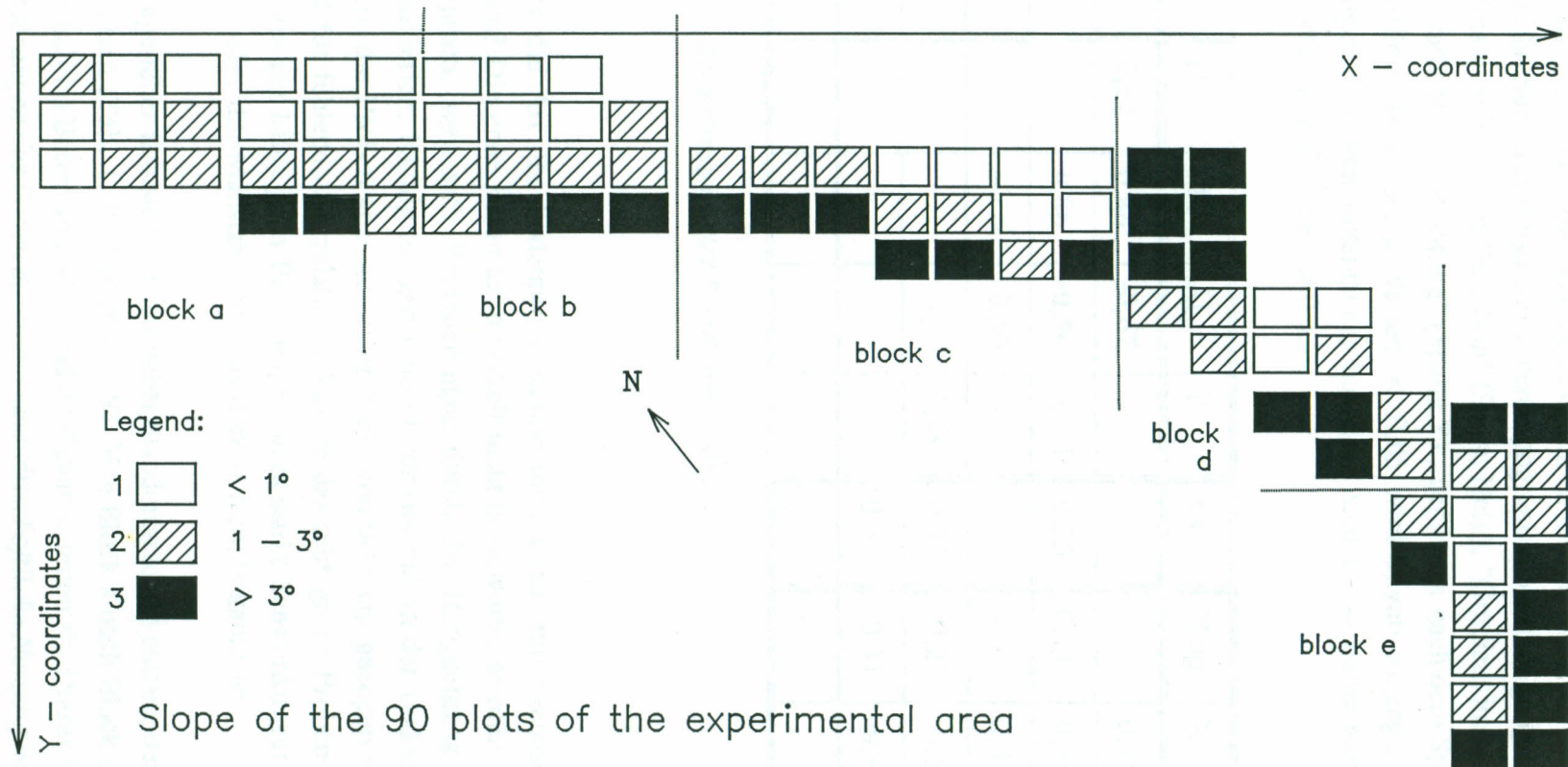


Abb. 1:

Schematische Darstellung der Experimentalfläche und mittlere Flächenneigung der Parzellen (Abmessung: 48 x 32 m);
Richtungen der analysierten Gradienten X und Y (s. weiter unten im Text)

Tab. 1:

Korrelationen zwischen den gemessenen Bodenfaktoren pH, Ca, Mg, Al, P und organische Substanz (Org) sowie den topographischen und geographischen Parametern "maximale Neigung der Parzellen" (Spalte Neig), "Gradient in X-Richtung" (Spalte X¹) und "Gradient in Y-Richtung" (Spalte Y¹), gerechnet nach dem Spearman-Rank-Order-Korrelations-Test. Bei p-Werten < 0,05 wird davon ausgegangen, daß die beiden jeweiligen Faktoren miteinander korreliert sind (-- = keine Korrelation), Fettdruck: Korrelationskoeffizienten > 0,5.

	Ca	Mg	Al	P	Org	Neig	X ¹	Y ¹
pH	0,52	0,48	-0,67	--	--	--	0,26	--
Ca	-----	0,86	-0,56	-0,23	0,55	0,21	0,55	0,47
Mg		-----	-0,50	--	--	--	0,47	0,42
Al			-----	0,48	0,35	-0,27	-0,50	-0,47
P				-----	0,35	-0,31	-0,57	-0,57
Org					-----	--	--	--

¹ Zur Richtung der X/Y-Koordinaten s. Abb. 1

2. war die Art der Bodenprobennahme ungeeignet, um eventuelle Unterschiede zu erfassen? Die erste Frage kann derzeit nicht beantwortet werden. Die zweite Frage ist zu bejahen, weil sich Veränderungen durch die Hangneigung bei dem z.T. stark kompaktierten, lehmig-tonigen Latosol vorwiegend an der Bodenoberfläche abspielen werden, die Proben aber aus einer Tiefe von 0-15 cm gezogen wurden. Ein weiterer Grund für fehlende Korrelationen könnte das sehr grobe Probennahme-Raster sein (1 Probe aus der Mitte jeder Parzelle), wenn es starke Schwankungen von Bodenqualitäten im cm- oder dm-Maßstab gibt, was derzeit nicht bekannt ist.

Demgegenüber läßt sich ein deutlicher Standortgradient entlang der Flächenausdehnung nachweisen (Tab. 1, Spalten X und Y): Von Block a nach Block e steigen der Ca- und Mg-Gehalt im Boden an und P- und Al-Gehalt nehmen ab. *Dieses könnte eine Folge von Veränderungen des Boden durch die landwirtschaftliche Nutzung der Standorte sein.* Die Nutzung der Flächen schritt von Südwesten nach Nordosten voran. Ob die Standorte der Blöcke d und e auch intensiver genutzt wurden als die übrigen, ist bisher nicht bekannt.

Die hier festgestellten Zusammenhänge spiegeln sich auch in Wuchsformen- und Artenzusammensetzungen der spontanen Vegetation wider (vgl. *Preisinger, Siqueira & Coelho*). Außerdem deutet sich schon jetzt an, daß auch Nutzpflanzen auf die ermittelten Standortgradienten reagieren, und zwar *trotz* der lokalen (Grund-)Düngergaben ins Pflanzloch bzw. auf die Bodenoberfläche um den Stamm. *Moraes* stellt abnehmende Wuchshöhen der jungen Kauschukbäume von Block a nach Block e fest, d.h. mit zunehmenden Ca-Gehalten und abnehmenden P- und Al-Gehalten⁶.

Es könnte sein, daß sich die festgestellten Gradienten im Laufe der Versuchsdauer durch Überlagerung mit der rezenten Nutzung nivellieren. Trotzdem muß zum Ende des Versuchs überprüft werden, ob etwaige Standortgradienten und -unterschiede die Auswertung des Blockversuchs stören.

4. Literatur

BILLINGS, W.D. 1952. The environmental complex in relation to plant growth and distribution. *Quart. Rev. Biol.* 27, 251-265.

GELHAUS, R. & KOLOUCH, D. 1991. Vermessungskunde für Architekten und Bauingenieure. Düsseldorf: Werner. (206 S.).

GREIG-SMITH, P. 1983. Quantitative plant ecology. Oxford: Blackwell Scient. Publ. (359 S.).

JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, C.J.F. & VAN TONGEREN, O.F.R. 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Wageningen: Pudoc. (299 S.).

PREISINGER, H. 1991. Strukturanalyse und Zeigerwert der Auen- und Ufervegetation im Hamburger Hafen- und Hafenrandgebiet (Diss. Botan. 174). Berlin/Stuttgart: J. Cramer (296 S. +Anl.).

PREISINGER, H., SIQUEIRA, M. do S. G. & COELHO, L. F. (in Vorber.). Functional traits of the spontaneous vegetation on an agricultural test area near Manaus, Amazonia. *Symp. Community ecology and conservation biology*, Bern Aug. 15-18, 1994.

⁶ "zunehmend" bzw. "abnehmend" heißt hier: Trends im Rahmen der ermittelten Korrelationskoeffizienten zwischen $\pm 0,5$ und $0,6$.

SCHUSTER, W. & LOCHOW, J. v. 1979. Anlage und Auswertung von Feldversuchen: Anleitungen und Beispiele für die Praxis der Versuchsarbeit (2. Aufl.). FrankfurtM.: DLG. (239 S.).

TER BRAAK, C.J.F. 1991. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (vers. 3.1.2). Wageningen: Agricultural Mathematics Group, Ministerie van Landbouw en Visserij, Groep Landbouwwiskunde. (95 S.).