

Oberösterreichisches
Landesmuseum

I 92658/74

© Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

MITTEILUNGEN

**DES ÖSTERREICHISCHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT
WIEN**

**Düngung und Mykorrhizabildung
bei
Zirbenjungpflanzen**

von

F. GÖBL und H. PLATZER

1967

74

KOMMISSIONSVERLAG: ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1014 WIEN

FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT

A — 1131 WIEN

(Tel. 82 36 38)

DIREKTOR DIPL.-ING. HANS EGGER

Stellvertreter: Dipl.-Ing. Dr. Rudolf Braun

Institut für Waldbau

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Günther ECKHART

Waldbaugrundlagen; Samenkunde und Forstpflanzenzucht; Waldaufbau und
Waldpflege; Prüfstelle für Waldsamen

Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik

Leiter: Dipl.-Ing. Leopold GÜNZL

Grundlagen der Züchtung; Angewandte Züchtung; Biologische Holzforschung

Institut für Standort

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Helmut JELEM

Klimatologie; Bodenkunde und Forstdüngung; Forstliche Vegetationskunde;
Standortskartierung

Außenstelle für Angewandte Pflanzensoziologie in Klagenfurt.

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Roland STERN

Institut für Forstschutz

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Edwin DONAUBAUER

Entomologie; Phytopathologie; Allgemeiner Forstschutz; Forstchemie und
Rauchschäden; Prüfstelle für Forstliche Pflanzenschutzmittel

Institut für Ertrags- und Betriebswirtschaft

Leiter: Doz. Dipl.-Ing. Dr. Rudolf FRAUENDORFER

Forstliche Meßkunde; Produktionsforschung; Forsteinrichtung; Betriebswirtschaft

Institut für Forsttechnik

Leiter: Dipl.-Ing. Rudolf MEYR

Arbeitstechnik und -organisation; Bringung, Arbeitshygiene und -physiologie;
Prüfstelle für Werkzeuge, Geräte, Maschinen

Institut für Forstinventur

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Rudolf BRAUN

Organisation; Methodik; Auswertung; Holzvorratsbilanz; Inventurinterpretation

Institut für Forschungsgrundlagen

Leiter: Dipl.-Ing. Otmar BEIN

Biometrie; Hollerith; Photogrammetrie; Dokumentation und Publikation
Versuchsgärten: Mariabrunn, Schönbrunn,

Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung

Leiter: Dipl.-Ing. Gottfried KRONFELLNER-KRAUS

Geomorphologie und Abtragsforschung; Hydrologie und Gewässerkunde;
Verbauungstechnik; Schnee und Lawinen

Außenstelle für Subalpine Waldforschung in Innsbruck

Leiter: Prof. Dr. Walter TRANQUILLINI

Forstpflanzenphysiologie; Bodenbiologie; Forstpflanzenökologie; Grünverbauung

MITTEILUNGEN

DER FORSTLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT MARIABRUNN

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

74. Heft

1967

DÜNGUNG UND MYKORRHIZABILDUNG BEI ZIRBENJUNGPFLANZEN

181.351 17

Fertilisation and Mycorrhiza Development in Young
Cembra Pine

Amendement et formation de mycorrhizes chez les
jeunes pins cèdres

Удобрение и образование микоризы
у молодых кедров

von

F. GÖBL und H. PLATZER

OÖLM LINZ



+XOM2263105

Herausgegeben
von der

Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien
Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag, Wien

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright 1967 by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Wien.

Printed in Austria

Herstellung und Druck:
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

I 92658/74

426/1983

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
Beschreibung der Versuchsgärten	4
UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER DÜNGUNG (H. PLATZER)	7
Die Böden der Versuchsflächen	7
Düngeplan	9
Mykorrhiza-Impfung	11
Versuchsanlage	12
Versuchsauswertung	13
Ergebnisse: 1. Kaiserau	14
2. Fiss	16
Tabellenanhang	19
MYKORRHIZA-UNTERSUCHUNGEN (F. GÖBL)....	27
I. Allgemeines über die Zirbenmykorrhiza (mit be- sonderer Berücksichtigung der Pflanzgärten).	28
II. Mykorrhiza-Untersuchungen in den Gärten Kaiserau und Fiss vor der Versuchsanlage.	30
III. Wurzel Ausbildung des Versuchsmaterials.	31
IV. Versuchsauswertung:	32
Methode	32
Ergebnisse:	33
1. Versuch Kaiserau	34
a) Beschreibung der Mykorrhiza-Typen	34
b) Quantitative und qualitative Verteilung der Mykorrhizen in den einzelnen Parzellen.	36
2. Versuch Fiss	39
a) Beschreibung der Mykorrhiza-Typen	39
b) Quantitative und qualitative Verteilung der Mykorrhizen in den einzelnen Parzellen.	40
c) Varianzanalytische Auswertung des Versuches Fiss.	43
3. Verteilung der weißen Knollenmykorrhizen.	50
4. Einfluß der Düngung auf Wuchsform und inneren Bau der Mykorrhizen.	51
5. Einfluß der Düngung auf die Form des Wur- zelsystems und die Verteilung der Mykorrhizen.	53
6. Jahreszeitliches Wachstum der Mykorrhizen.	54
V. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse für die Praxis.	54a
Zusammenfassung	55
Summary	56
Résumé	57
Резюме	58
Verzeichnis der Abbildungen	60
Literaturverzeichnis	61

Anschrift der Verfasser:

Dr. Friederike Göbl,
Forstliche Bundesversuchsanstalt,
Außenstelle für subalpine Waldforschung,
Hofburg
A-6020 Innsbruck

Hannes Platzer,
Österreichische Stickstoffwerke AG,
Forstreferat,
Postfach 296
A-4021 Linz

EINLEITUNG

Seit Hochlagenaufforstungen mit Zirbe (*Pinus cembra* L.) in größerem Maßstab durchgeführt werden, hat das Interesse für die Anzucht dieser Holzart in den Alpenländern stark zugenommen. Mißerfolge sowie auffallend geringe Zuwachsleistungen in vielen Forstgärten haben uns veranlaßt, die Bedingungen für eine rasche Anzucht kräftiger Zirbenjungpflanzen im Versuch zu prüfen.

Aus Mangel an Arbeitskräften für die Auswertung, geeignetem Versuchsmaterial und auch wegen des enorm hohen Zirbenbedarfes für die Aufforstung konnten nur zwei Versuche mit je zwei Wiederholungen angelegt werden.

Um zu vielseitig verwertbaren Aussagen zu gelangen, wählten wir zwei Gärten mit möglichst unterschiedlichen klimatischen Bedingungen, verschiedener Bodenbeschaffenheit und verschiedenem Alter der Anlage. Beide liegen (wie ein Großteil der Zirbenanzuchtflächen) außerhalb des natürlichen Zirbenareals inmitten von Fichtenwald. Zur Zeit der Versuchsplanung waren die Anzuchtergebnisse unbefriedigend (vergl. Mykorrhiza-Untersuchungen).

Da einerseits eine harmonische Nährstoffzufuhr für gutes Pflanzenwachstum unerläßlich ist, andererseits die Mykorrhizapilze erwiesenermaßen den Nährstofftransport vom Boden in die Pflanze vermitteln, stand eine Prüfung von Düngungs- und Mykorrhiza-Fragen im Vordergrund.

Die Versuche wurden daher als kombinierte Nährstoffmangel- und Nährstoffsteigerungs sowie als Stickstoff- und Phosphorsäure-Formenversuche geplant.

Die wichtigsten Versuchsanlagen wurden zusätzlich kombiniert mit einer Impfung des Bodens mit künstlich angezogenen Mykorrhizapilzen.

Die Auswertung umfaßt Untersuchung und Vergleich der für eine Qualitätsbeurteilung der Zirbe wesentlichen Merkmale. Getrennt davon erfolgte die Beurteilung der Mykorrhizen, da es von Vorteil erschien, das Problem von zwei Seiten zu beleuchten.

Die zuständigen Verwaltungen der Bundesforstgärten Steiermark und Tirol unterstützten uns durch die Beistellung der erforderlichen Flächen und des Pflanzenmaterials sowie durch praktische Mitarbeit bei den Versuchsarbeiten.

Für dieses Entgegenkommen sprechen wir allen Beteiligten, vor allem den Herrn Dipl. Ing. Riedl, Dipl. Ing. Steiner, Dipl. Ing. Walch sowie Herrn Förster Brunner unseren herzlichen Dank aus.

BESCHREIBUNG DER VERSUCHSGÄRTEN

1. Kaiserau bei Admont:

Der Forstgarten liegt in 1100 m Höhe in einem Hochtal südlich von Admont und westlich des Reichenstein (2247 m) zwischen Enns- und Paltental (Steiermark).

Den Talboden bilden Moränenschotter und -Sande.

Geologisch gehört das Gebiet in die Grenzzone zwischen altpaläozoischen Schieferen (Eisenerzer Alpen) und der Triasformation der Ennstaler Alpen (Gesäuseberge).

Die Gegend von Admont besitzt ein relativ mildes, regenreiches Klima (70° hygri sche Kontinentalität nach GAMS 1931), was sich auch im Vorkommen einer Anzahl ozeanischer Pflanzen ausdrückt (LÄMMERMAYER 1940).

Die Fi-Ta-Bu-Wälder des Gebietes sind der "Alpenzwischenzone" nach TSCHERMAK beizuordnen.

Die folgenden meteorologischen Daten stammen von der nächstgelegenen Meßstation Admont (625 m):

Tabelle 1

Admont (Sh. 625 m)

Lufttemperatur °C (Mittel)

	1931	1960	1962	1963
J	4.8		5.1	7.7
F	3.1		2.5	7.1
M	2.8		1.3	
A	7.1		6.8	8.3
M	11.7		9.6	10.7
J	14.8		12.3	15.8
J	16.4		14.6	16.5
A	16.0		16.0	15.7
S	13.0		11.4	13.6
O	7.5		6.9	6.3
N	2.2		1.6	5.1
D	3.5		9.2	7.0
Jahr	6.6		5.1	5.9

Tabelle 1

Admont (Sh. 625 m)

Niederschläge mm

	1901	1950	1962	1963
J	73		75	28
F	64		111	12
M	63		61	75
A	80		63	20
M	104		143	122
J	133		110	144
J	166		161	99
A	156		88	191
S	108		80	79
O	78		80	36
N	68		53	80
D	73		88	13
Jahr	1166		1113	899

Bemerkenswert sind die Trockenperioden im Sommer 1962 und die unter dem langjährigen Mittel liegenden Niederschlagsmengen im Jahre 1963.

Auf weitere Angaben wurde verzichtet, da sie das für die Assimilation unserer Pflanzen maßgebliche Lokalklima nicht charakterisieren.

Nach TRANQUILLINI (1959) beginnen die Zirben sofort, wenn sie schneefrei werden, zu assimilieren, weil sich die Umstellung vom Winter- auf den Sommerzustand teilweise bereits unter der Schneedecke vollzogen hat.

Nach entsprechender Erwärmung erfolgt eine Hochleistungsperiode, die bis zum Austrieb andauert. Die Witterung hat nur dann einen deutlich nachweisbaren Einfluß auf die Tagessumme der Assimilation, wenn Spätfröste auftreten, Schnee fällt oder die Temperatur sehr stark ansteigt.

Zum Zeitpunkt unserer Versuchsanlage waren die Anzuchtergebnisse schlecht. Nach Aussagen alteingesessener Forstleute "soll früher hier gutes Pflanzenmaterial angezogen worden sein". Exakte Angaben über Anzuchtzeit und Auspflanzungsgebiete waren leider nicht zu ermitteln.

F i s s

Unser zweiter Versuchsgarten liegt in 1650 m Höhe oberhalb von Ladis und westlich von Fiss im Oberen Inntal (Tirol) auf einer schmalen Terrasse. Die durch Berge nach N und W geschützte Lage an der Südflanke des Schönjöchls (Ausläufer der Samnaungruppe) bietet trotz der verhältnis großen Meereshöhe noch gute Voraussetzungen für die Pflanzenzucht.

Das Grundgestein sind Bündnerschiefer am N-Rand des Unterengadiner Fensters.

Bemerkenswert ist besonders die Tatsache, daß die Zirbe innerhalb des Areals der Bündnerschiefer fehlt, was nach KLEBELSBERG auf die lithologische Zusammensetzung, nach FURRER wohl eher auf durchgreifende Rodung während der letzten Jahrhunderte in dem für Gras- und Weidewirtschaft besonders geeignetem Gelände zurückzuführen ist.

Das Obere Inntal (nach TSCHERMAK Fi-Lä-Wald-Gebiet) besitzt ein relativ trockenes Klima (70⁰ hygrische Kontinentalität nach GAMS). Ausläufer der inneralpinen Trockenvegetation (BRAUN-BLANQUET 1965) des Vintschgaues und des Engadins reichen bis an diese Gegend (z.B. Kaunerberg, KIELHAUSER 1959).

Die meteorologischen Vergleichsdaten für den Forstgarten stammen aus der benachbarten Station Hochserfaus (1617 m):

Tabelle 2

Hochserfaus (Sh. 1617 m)

Lufttemperatur °C (Mittel)

	1931	1960	1962	1963	1964
J	3.0		4.5	-10.3	4.0
F	2.4		6.4	8.3	3.5
M	0.4		6.1	2.6	2.5
A	3.5		0.2	2.0	2.4
M	7.9		3.3	4.7	7.1
J	11.6		7.5	9.3	10.6
J	13.7		9.9	11.6	11.8
A	13.2		12.5	10.2	9.9
S	10.9		8.0	8.8	8.6
O	6.3		4.7	4.4	1.2
N	1.8		2.5	1.4	0.3
D	1.8		6.5	5.5	4.6
Jahr	5.2		1.7	2.1	3.1

Tabelle 2

Hochserfaus (Sh. 1 6 1 7 m)

Niederschläge mm

	1901	1950	1962	1963	1964
J		73	84	37	9
F		59	111	8	21
M		73	43	62	41
A		71	91	27	66
M		76	123	79	62
J		103	60	102	89
J		123	117	97	83
A		122	60	159	179
S		86	66	70	65
O		61	29	25	125
N		72	19	106	93
D		72	113	22	51
Jahr		991	916	795	884

Die Anfänge des Forstgartens Fiss liegen ebenfalls Jahrzehnte zurück. 1958 wurde die Anlage durch Einebnen des angrenzenden Geländes mit Hilfe von Planierdrauen vergrößert. Für die Versuchsanlage wählten wir den neuen Teil des Gartens mit verhältnismäßig skelettreichem, humusarmem Boden.

Die Zirbenanzucht wurde in Fiss bereits früher versucht, doch entwickelten sich die Pflanzen äußerst langsam, was meist auf die Höhenlage des Gartens zurückgeführt wurde. Zum Zeitpunkt der Versuchsanlage hatten wir in einigen Teilen des Gartens durch die Nutzenwendung früherer Versuchsergebnisse (Humuszufuhr und Förderung der Mykorrhizapilze) bereits gute Erfolge erzielt.

I.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER DÜNGUNG

von

H. PLATZER

Die Böden der Versuchsflächen:

Die Böden beider Versuchsflächen sind dem Korngrößenverhältnis entsprechend als sandige Lehme zu bewerten. Sie unterscheiden sich jedoch in bezug auf ihr geologisches Ausgangsmaterial, die Zeitdauer der Bewirtschaftung und der dadurch bedingten Bearbeitung, Düngung u. dgl. sowie durch Humus- und Nährstoffgehalt (vergl. Tabelle 1).

Durch die Bodenbearbeitung ist auch eine weitgehende Homogenisierung des Substrates gegeben, sodaß einzelne Horizonte des Bodenprofils bis auf Bearbeitungstiefe nicht unterscheidbar sind.

Tabelle 1

Vor Anlage der Versuche wurde in der Versuchsflächen Hochmoortorf ($3 \text{ m}^3/\text{Ar}$) eingearbeitet (Analysen Tabelle 1). Durch diese Maßnahme sollte die Bodenstruktur verbessert und außerdem unter Berücksichtigung vorliegender Versuchsergebnisse und -beobachtungen in Zirbenbeständen (der Hauptanteil der Zirbenwurzeln und Mykorrhizen liegt in den Humushorizonten) der Boden den Ansprüchen der Zirbe angepaßt werden (Vergl. u.a. Mikola 1957, Göbl 1963, Neuwinger 1964).

Tabelle 1

Kaiser au:

Gareschäden trotz des relativ hohen Gehaltes an organischen Substanz. Boden vhm. tiefgründig; Verdichtungshorizont in 18 20 cm Tiefe.

	pH	P ₂ O ₅ mg/100 g Boden	K ₂ O	Org. Subst. %
Oberboden (0 25 cm)	6.3	18.7	5.0	6.9
Unterboden (25 60 cm)	6.1	0.2	1.5	1.7
eingearbeiteter Torf (Torfstich Ennstal)	3.0	1,2	5.0	91.5

Fiss:

gute Krümelstruktur, skelettreich; z. T. in geringer Tiefe (40 50 cm) anstehendes Gestein.

Oberboden (0 25 cm)	5.3	7.4	31.0	4.0
eingearbeiteter Torf (Torfstich Piller)	4.5	1.4	3.5	93.8

Die Bodenuntersuchungen wurden von der Landw. -chem. Bundes - versuchsanstalt Linz nach der Laktatmethode durchgeführt.

Düngeplan:**Versuchsschema:**

Parz. Nr.	Versuchsfrage	Parz. Nr.	Versuchsfrage
1	ungedüngt	11	P ₂ K ₁
2	P ₁	12	P ₃ K ₁
3	K ₁	13	N ₁ P ₁ K ₁
4	N ₁	14	N ₁ P ₁ K ₁ My
5	P ₄	15	N ₂ P ₂ K ₂ My
6	My	16	N ₂ P ₂ K ₂
7	P ₁ K ₁	17	N ₃ P ₂ K ₂
8	N ₁ P ₁	18	N ₄ P ₁ K ₁
9	N ₁ K ₁	19	N ₅ P ₁ K ₁ My
10	P ₁ K ₁ My	20	N ₅ P ₁ K ₁

My Mykorrhiza-Impfung

Die gewählten Düngemittelmengen beruhen auf Erfahrungswerten, die sich im praktischen Forstgartenbetrieb seit Jahren bewährt haben.

Im Anlagejahr gaben wir höhere PH Gaben, um Nährstoffmangel, die laut Bodenuntersuchung zu erwarten waren, wenigstens teilweise zu beheben. Die Stickstoffgaben wurden trotz dem offenbar geringeren Bedarf im Versuchsjahr ebenfalls höher bemessen als in den Jahren nachher, da angenommen werden mußte, daß nicht unerhebliche N - Mengen durch das Einarbeiten des Hochmoortorfes im Verlaufe der eintretenden Humusumwandlungsprozesses vorübergehend festgelegt und erst in den späteren Jahren als organischer Stickstoff wieder für die Pflanzen verfügbar werden.

Versuchsplan: 1.00 m 0.30

1	6	11	16	20	15	10	5	Trittweg 2.00 m
2	7	12	17	19	14	9	4	
3	8	13	18	18	13	8	3	
4	9	14	19	17	12	7	2	
5	10	15	20	16	11	6	1	

I. Wiederholung

II. Wiederholung

Trennung der Parzellen durch Trittweg.

V e r s u c h s d ü n g u n g

S t i c k s t o f f:

1 9 6 1 (Anlagejahr)

Düngemittel g/qm

Nährstoff g/qm		als	Nitramoncal	Ammonsulfat	Urolinz (Harn- stoff)
N ₁	4			19.04	
N ₂	6			28.56	
N ₃	8			38.08	
N ₄	4		19.51		
N ₅	4				8.70

1 9 6 2 (Abdüngung)

N ₁	3			14.28	
N ₂	5			23.80	
N ₃	7			33.32	
N ₄	3		14.63		
N ₅	3				6.52

Düngung 1 9 6 3 und 1 9 6 4 wie 1 9 6 1

P h o s p h o r s ä u r e:

	Nährstoff g/qm		als Superphosphat		Thomasphosphat	
	1961	1962-64	1961	1962-64	1961	1962-64
P ₁	10	5	55.56	27.78		
P ₂	16	8	88.88	44.44		
P ₃	22	11	122.22	61.11		
P ₄	10	5			66.67	33.33

K a l i:

Patentkali

K ₁	10	7	35.71	26.92
K ₂	16	13	57.14	50.00

Mykorrhiza Impfung

Für die Mykorrhiza - Impfung wurde auf Torf angezogenes Mycel von *Suillus ploran* (= spezifischer Mykorrhizapilz der Zirbe) verwendet. Die Anzucht erfolgte im Bodenbiologischen Institut Imst der Forstlichen Bundesversuchsanstalt.

Eine Analyse von Pilzkulturen welche die für ihr Wachstum notwendige Nährlösung bereits aufgebraucht hatten - zeigte wiederum, daß Mykorrhizapilze in der Lage sind, organischen Stickstoff aufzuschließen (vergl. GÖBL 1962):

Tabelle 2

	pH	Ca	P ₂ O ₅ Zitr. mg/100 g	K ₂ O	N auf- nehm- bar	N ge- samt	Org. Subst. %
Torf	3.88	722.0	9.57	10.2	21.9	1.74	88.8
Torf + Nährlösg.	3.51	644.0	721.00	504.0	81.0	1.91	88.5
My-Substr.	3.81	570.0	727.00	510.0	159.0	1.95	87.1

Analyse: Biologisches Laboratorium d. Österr. Stickstoffwerke.

Die Mykorrhiza Impfmengen ($3 \text{ dm}^3/\text{m}^2$) beruhen auf praktischen Erfahrungswerten aus Forstgarten-Versuchen.

Das Impfmateriel wurde bei der Verschulung direkt in den Wurzelbereich der Pflanzen eingearbeitet (MOSER 1959).

Alle Parzellen ohne Mykorrhiza Impfung erhielten als Humusgleich die entsprechende Menge Torf .

V e r s u c h s a n l a g e

Tabelle 3

	Kaiserau	Fiss
Versuchsanlage:		
a) Einbringen der Düngemittel	27. IV. 1961	17. V. 1961
b) Verschulung, Impfung	28. IV. 1961	12. VI. 1961
Verschulmaterial	1 j. Sämlinge	Keimlinge
Herkunft des Saatgutes	Stoderzinken bei Gröbming, WG II A/3 SH. 1600-1800m Südhang, Ernte 1958	Stilfserjoch (Südtirol) SH. ca. 1800m Südhang, Ernte 1958
Parzellengröße	2 m ²	2 m ²
Verschulabstand i.d. Reihe	5 cm	5 cm
Reihenabstand	25 cm	20 cm
Pflanzen pro Parzelle	160	200
Düngung 1962	19. V.	27. V.
" 1963	13. V.	22. VI. x)
1964		28. V.
Torfabdeckung im Herbst 1961	1 m ³ /ar	1 m ³ /ar
Pflanzenentnahme für d. Auswertung	2. 6. V. 1964	12. - 16. X. 64

Die Pflegearbeiten während der Vegetationszeit wurden in jeder Weise der üblichen Praxis angeglichen.

Auswinterungsschäden wurden nie beobachtet; mit Ausnahme eines mehr oder weniger leichten Schneeschimmelbefalles nach dem schneereichen Winter 1963 in der Kaiserau auch keine Pilzkrankheiten.

x) (witterungsbedingt!)

V e r s u c h s a u s w e r t u n g

Die Pflanzen wurden der Mitte jeder Parzellen entnommen, um Randwirkungen auszuschalten. Von jeweils ca. 70 verfügbaren Pflanzen wurden die besten ebenso wie die schlechtesten nach optischen Bewertung ausgeschieden, sodaß die für die Auswertung gewählten 25 Pflanzen dem Mittel entsprechen.

Durch Gewinnung möglichst vieler Meßdaten versuchten wir, einen objektiven Querschnitt der Parzellenleistungen zu erhalten. Von jeder Testpflanze wurden folgende Daten ermittelt:

Sproßlänge	Pflanzengewicht (trocken)
Wurzellänge	Sproßgewicht (trocken)
Gesamtlänge der Seitentriebe	Nadelgewicht (trocken)
Anzahl der Terminalknospen	Gewicht der Seitentriebe (trocken)
Durchmesser in Bodenhöhe	Wurzelgewicht (trocken)

Alle Messungen erfolgten an frischen Pflanzen im Forstgarten, die Gewichtsbestimmungen nach Trocknung bei 105° im Labor. (Eine Gewichtsbestimmung der Frischgewichte war aus technischen Gründen nicht möglich).

Die rechnerische Auswertung wurde nach der einfachen Varianzanalyse durchgeführt, wobei jede Pflanze als Wiederholung angenommen wurde. Die Sicherungen für die ermittelten Durchschnittswerte waren in jedem Fall signifikant, in den weitaus meisten Fällen hochsignifikant.

E r g e b n i s s e

Düngungsunterschiede wie kräftiger Wuchs, verhältnismäßig dunkle Farbe der Nadeln, waren beim Versuch Kaiserau bereits im Jahr nach der Verschulung zu beobachten (Parzelle 14, 15, 19 Volldüngung + Impfung).

In Fiss konnten deutliche Unterschiede vermutlich infolge des dichten, lückenlosen Standes der Pflanzen erst während der Vegetationsperiode 1964 festgestellt werden, auch hier waren die Pflanzen aus den vollgedüngten und geimpften Parzellen am kräftigsten.

1. Kaiserau

Die Ergebnisse der Messungen sind in den Tabellen 4 7 zusammengestellt (siehe Anhang):

Tabelle 4: absolute Parzellenleistungen

Tabelle 5: relative Parzellenleistungen, Parzelle 1 100 %

Tabelle 6: relative Parzellenleistungen, Parzelle x 100 %

Tabelle 7: Relationen der einzelnen Qualitätsmerkmale

Da die gesamte Versuchsfläche eingetorft wurde, war keine absolute Null-Parzelle vorhanden. In die Auswertung konnten wir 2 Parzellen miteinbeziehen, die an die Versuchsfläche angrenzten, mit dem gleichen Material verschult wurden und ohne Torfgabe blieben. Sie sind als Parzellen x bezeichnet (vergl. Tab. 6).

Die graphische Darstellung der markantesten Qualitätsmerkmale (Abb. 1 und 2) zeigt, daß es zweifellos richtig war, trotz der relativ guten Humusversorgung (6.9 % organische Substanz im Oberboden) den Gehalt an organischer Substanz anzuheben und damit die Bodenstruktur zu verbessern. Durch diese Maßnahme allein stiegen die Parzellenleistungen - setzt man die Werte der Parzellen x (ohne Torf) gleich 100 - auf 152 bis 319 % (Abb. 1, Tab. 6).

Die Parzellen 1 12 sind Mangelparzellen. Ihre Leistungen schwanken dementsprechend. Besonders hervorzuheben ist die augenscheinliche Leistungssteigerung der Parzelle 6, wo bei gegebener P_2O_5 Versorgung nur durch Mykorrhiza-Impfung Werte erreicht werden, die vorwiegend nur von Parzelle 14, z. T. auch von Parzelle 15 übertroffen werden, also Parzellen, die neben der Mykorrhiza-Impfung zusätzlich mit NPK abgedüngt wurden.

Demnach läßt dieser Versuch wohl den Schluß berechtigt erscheinen, daß neben der Anreicherung mit organischer Substanz die Mykorrhiza-Impfung und eine harmonische Volldüngung die Basis für eine befriedigende Zirbenzucht darstellen.

Durchschnittswerte der Parzellen
in % von Parzelle 1 Kaiserau

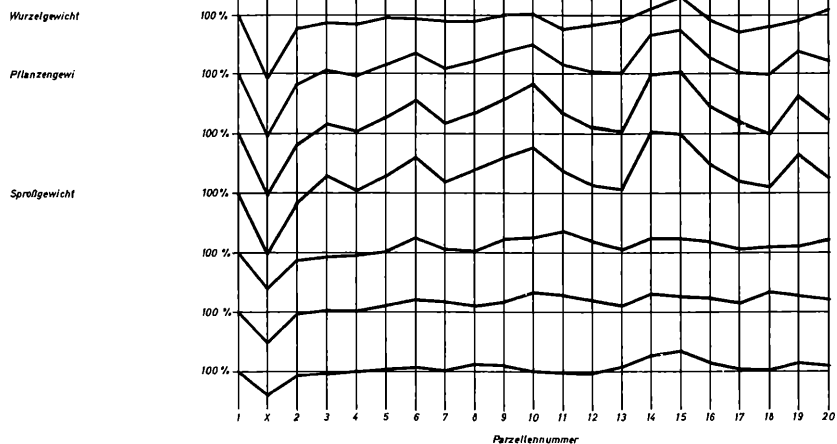


Abb. 1

Durchschnittswerte der Parzellen
in % von Parzelle X Kaiserau

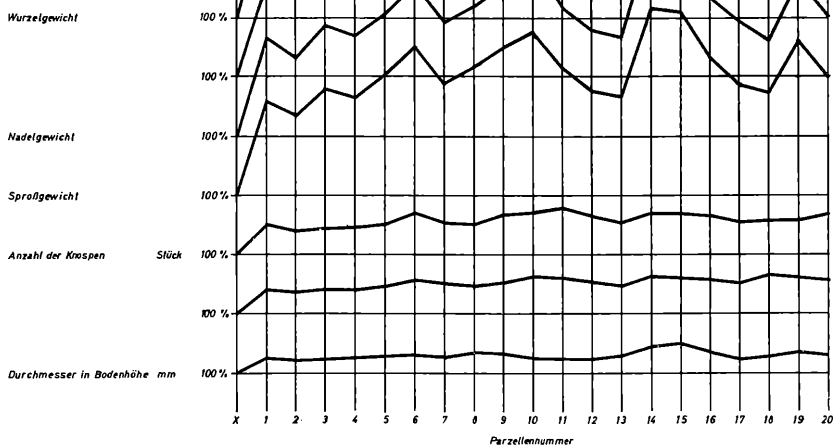


Abb. 2

Boden-Kontrolluntersuchungen auf den Parzellen 1, 7 und 13 nach Beendigung des Versuches ergaben folgende Vergleichswerte (Tabelle 8):

Tabelle 8

1964

Parzelle	1	7	13
pH	6.8	6.6	6.6
P ₂ O ₅	12.5	13.0	13.5
K ₂ O	6.0	12.0	14.0
Org. Substanz	8.4	8.6	8.1

Mg-Untersuchungen zeigen Mg-Werte von durchschn. 33.0 mg/100 ml Boden, die als wesentlich überhöht zu bezeichnen sind, sodaß antagonistische Störungen befürchtet werden müssen.

2. Fiss:

Die Ergebnisse der Versuchsauswertung Fiss sind in den Tabellen 10 12 zusammengefaßt (siehe Anhang):

Tabelle 10: absolute Parzellenleistungen,

Tabelle 11: relative Parzellenleistungen, Parzelle 1 100 %

Tabelle 12: Relationen der einzelnen Qualitätsmerkmale

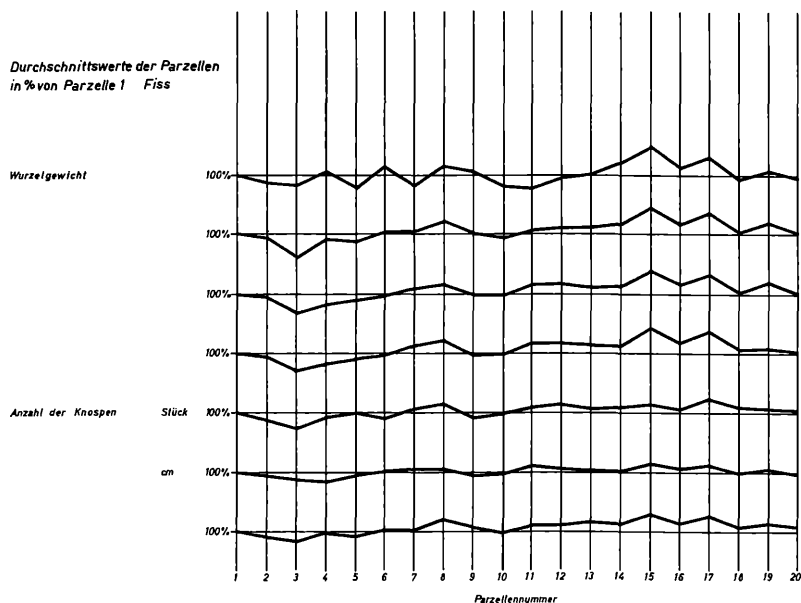


Abb. 3

Die wichtigsten Qualitätsmerkmale aus Tabelle 10 sind in Abb. 3 graphisch dargestellt.

Mykorrhiza-Impfung allein (Parzelle 6) hat unter den gegebenen Verhältnissen nur eine Förderung des Wurzelwachstums bewirkt. Düngung mit P_2O_5 und K_2O allein (Parzelle 7) wirkte sich interessanterweise vorwiegend auf die oberirdischen Pflanzenteile positiv aus. Eine zusätzliche Mykorrhiza-Impfung (Parzelle 10) führte ebenfalls nicht zu befriedigenden Ergebnissen, sodaß diese Parzellen hinter den Leistungen der Parzelle 13 einfache Volldüngung ohne Mykorrhiza Impfung zurückbleiben (vergleiche Mykorrhiza-Auswertung). Erst die Parzellen 14 und vor allem 15, also Parzellen mit harmonischer Volldüngung und Mykorrhiza-Impfung zeigen sich in allen wesentlichen Meßergebnissen überleben. Sie bestätigen die bereits beim Versuch Kaiserau gewonnene Erfahrung. Das Ergebnis von Parzelle 17 läßt darauf schließen, daß unter Umständen eine weitere Stickstoffsteigerung angebracht sein könnte, doch steht diese Frage zweifellos in enger Verbindung mit der Humusform. Auf diese Frage konnte im Rahmen dieses Versuches nicht näher eingegangen werden.

Trotz der reichlichen Torfgaben weisen die Kontrolluntersuchungen (Tabelle 9) relativ niedrige Werte an organischer Substanz aus. Wir führen diesen Umstand auf die intensiven aeroben mikrobiellen Umwandlungsprozesse zurück. Die hohen Leistungen der Parzelle 1 sind jedenfalls auf die gute Humusversorgung zurückzuführen.

Es ergibt sich demnach auch bei diesem Versuch die berechtigte Schlußfolgerung, daß gute Humus- und ausreichende, harmonische Nährstoffversorgung zusammen mit Mykorrhiza Impfung die notwendigen Voraussetzungen für eine befriedigende Zirbenzucht darstellen.

Tabelle 9

Bodenkontrolluntersuchung 1964

Parz.	1	6	7	10	13	14	15
pH	4.6	4.5	4.5	4.3	4.0	4.1	4.6
P ₂ O ₅	6.0	7.0	13.0	12.0	13.0	11.0	16.0
K ₂ O	12.0	13.0	23.0	24.0	20.0	18.0	30.0
MgO	11.0	11.0	13.0	13.0	11.0	11.0	13.0
Org. Sub.	4.0	4.8	5.7	4.4	5.7	5.7	4.9
N %	0.14	0.17	0.20	0.14	0.19	0.14	0.14

Parzelle	1	ungedüngt
Parzelle	6	Mykorrhiza-Impfung ohne Mineraldüngung
Parzelle	7	(PK) ₁
Parzelle	10	(PK) ₁ + Mykorrhiza-Impfung
Parzelle	13	(NPK) ₁
Parzelle	14	(NPK) ₁ + Mykorrhiza-Impfung
Parzelle	15	(NPK) ₂ + Mykorrhiza-Impfung

T A B E L L E N A N H A N G

Durchschnittswerte der Parzellen
Mykorrhiza-Vergleichsversuch zu Zirbe im Bundesforstgarten Kaiserau

Nr. d. Parzellen	X	<u>8.93</u>																			
Sproßlänge cm																					
2 Wurzellänge cm	11.52	28.76	26.90	28.30	25.54	28.68	29.28	29.18	28.78	29.80	29.46	28.32	28.12	29.48	<u>31.62</u>	31.22	26.58	27.30	26.46	28.96	27.44
3 Gesamtlänge der Seitentriebe cm		<u>4.13</u>																			
4 Anzahl der Seitentriebe Stück		<u>2.22</u> <u>2.26</u>																			
5 Anzahl der Knospen Stück	1.28	2.16 2.48 <u>2.62</u> 2.40																			
6 Durchschnitt in Bodenhöhe mm		3.83																			
7 Pflanzengewicht gr.		<u>4.42</u> <u>4.59</u>																			
8 Sproßgewicht gr.		<u>4.64</u>																			
9 Nadelgewicht gr.		<u>3.28</u> 3.22																			
10 Gewicht der Seitentriebe gr.		2.05 <u>2.08</u>																			
Wurzelgewicht gr.		0.08 <u>0.18</u>																			
		1.18 1.00																			
		<u>1.27</u>																			

Durchschnittswerte der Parzellen in % von Parzelle 1

Mykorrhiza-Vergleichsversuch zu Zirbe BFG Kaiserau

1	Sproßlänge	cm	110.4	<u>122.9</u>
2	Wurzellänge	cm		92.0
3	Gesamtlänge der Seitentriebe	Stück	<u>109.9</u>	
4	Anzahl der Seitentriebe	Stück	198.2	<u>201.8</u>
5	Anzahl der Knospen	Stück		<u>123.6</u>
6	Sproßdurchmesser in Bodenhöhe	mm		<u>122.7</u>
7	Pflanzengewicht	gr.	<u>148.2</u>	
8	Sproßgewicht	gr.	<u>168.2</u>	165.1
9	Nadelgewicht		165.3	<u>167.7</u>
10	Gewicht der Seitentriebe	gr.	100.0	<u>225.0</u>
11	Wurzelgewicht	gr.	107.6	<u>119.5</u>
				<u>177.8</u>

Durchschnittswerte der Parzellen in % von Parzelle X

Mykorrhiza-Vergleichsversuch zu Zirbe BFG Kaiserau

Sproßlänge cm		188.2	<u>187.2</u>
Wurzellänge cm		274.5	229.7
Gesamtlänge der Seitentriebe cm		<u>860.4</u>	
Anzahl der Seitentriebe Stück		<u>403.6</u>	
Anzahl der Knospen Stück	<u>204.7</u>		
Sproßdurchmesser in Bodenhöhe mm		<u>165.1</u>	
Pflanzengewicht gr.		<u>473.5</u>	
Sproßgewicht		<u>520.6</u>	
Nadelgewicht		525.6	<u>533.3</u>
Gewicht der Seitentriebe	533.3	<u>1200.0</u>	1133.3
Wurzelgewicht		362.8	<u>402.8</u>

Bundesforstgarten Kaiserau

Nach Schmidt: "Die Gütebeurteilung der Forstpflanzen",

[illegible]

Durchschnittswerte der Parzellen

Mykorrhiza-

[illegible]

Durchschnitts-Werte der Parzellen in % von Parzelle

Mykorrhiza-Vergleichsversuch zu Zirbe, BFG Fiss

Nr. der Parzellen 6

1 Sproßlänge cm	96.7	89.3		101.9	100.8	<u>109.5</u>
2 Wurzellänge cm	96.9	92.5	102.7	106.5	98.9	<u>106.6</u>
3 Gesamtlänge der Seitentriebe	109.6	68.4	98.0		96.8	112.8 <u>123.7</u>
Stück	66.7	86.8	86.0	86.8		<u>113.9</u>
5 Anzahl der Knospen Stück				98.6		104.2 <u>115.3</u>
6 Sproßdurchmesser in Bodenhöhe mm					111.4	108.6 <u>119.9</u>
7 Pflanzengewicht gr.	82.8	94.1			110.6	<u>129.8</u>
8 Nadelgewicht gr.						<u>126.1</u>
9 Gewicht der Seitentriebe gr.				90.0	115.0	125.0 <u>150.0</u>
10 Wurzelgewicht gr.	88.8	104.9	86.3	108.8	88.8	114.6 <u>132.2</u>
11 Sproßgewicht gr.		92.6			108.3	<u>128.2</u>
						115.8

Mykorrhiza-Vergleichsversuch zu Zirbe,
(nach Schmidt: "Die Gütebeurteilung der Forstpflanzen")

Nr. der Parzellen					
Pflanzengewicht:					
Sproßgewicht	<u>6</u>	<u>1.595</u>			<u>1.211</u>
2 Sproßgewicht:	<u>9</u>	<u>2.408</u>			<u>1.787</u>
Sproßlänge					
Nadelgewicht:	<u>15</u>	<u>3.462</u>		<u>2.900</u>	<u>2.600</u>
Sproßlänge					<u>3.753</u>
Wurzelgewicht:	<u>17</u>			<u>5.730</u>	
Sproßlänge					
Sproßdurchmesser i:	<u>21</u>	<u>17.430</u>	<u>17.924</u>	<u>15.602</u>	
Sproßlänge					
Gesamtlänge d. Seitentriebe:	<u>12</u>	<u>1.377</u>	<u>2.101</u>		
Sproßlänge					
Anzahl d. Seitentriebe:	<u>10</u>	<u>4.971</u>			
Sproßlänge					
Anzahl der Seitentriebe:					
Gesamtlänge d. Seitentriebe					<u>3.212</u>
9a Wurzelgewicht:		<u>2.834</u>		<u>2.905</u>	<u>2.210</u>
Pflanzengewicht				<u>3.868</u>	
9b Pflanzengewicht:		<u>0.552</u>		<u>0.258</u>	
Wurzelgewicht	<u>0</u>	<u>1.828</u>		<u>2.868</u>	
10a Wurzelgewicht:					
Sproßgewicht		<u>0.547</u>		<u>0.340</u>	
10b Wurzelgewicht:					
Nadelgewicht:			<u>1.482</u>		<u>1.427</u>
Sproßgewicht				<u>0.507</u>	
Nadelgewicht:		<u>0.793</u>			
Wurzelgewicht					
Gewicht d. Seitentriebe:	<u>42</u>	<u>22.200</u>	<u>17.120</u>	<u>23.667</u>	<u>24.278</u>
Sproßgewicht					<u>19.174</u>
Wurzelgewicht:	<u>32</u>	<u>19.286</u>	<u>17.070</u>	<u>22.011</u>	<u>18.038</u>
Wurzellänge					<u>17.209</u>
					<u>14.686</u>

II.

MYKORRHIZA - UNTERSUCHUNGEN

von

F. GÖBL

Nach BJÖRKMAN ist ein guter Mykorrhiza Besatz eine Voraussetzung für die rasche Weiterentwicklung der Pflanzen nach der Aufforstung eine Erfahrung, die u.a. auch im Rahmen unserer Forschungsarbeiten für die Hochlagenaufforstung gemacht werden konnte (MOSER 1964).

Die Mykorrhiza - Ausbildung wird während der Anzucht im Pflanzgarten vor allem beeinflusst von den Bodenverhältnissen, die aber den Bedürfnissen der Pflanzen entsprechend vielfach umgeändert werden; so zum Beispiel durch Zufuhr von Nährstoffen. Unsere Kenntnis über den Einfluß verschiedener Düngemittel auf die Mykorrhiza Ausbildung ist besonders in praktischer Hinsicht noch sehr lückenhaft. In die vorliegende Untersuchung wurde daher die verhältnismäßig große Anzahl von Düngungsvarianten einbezogen, die es ermöglichen sollen, die Düngerkombinationen für eine optimale Mykorrhiza Entwicklung zu finden.

Für die Beratung und Hilfe bei der varianzanalytischen Auswertung danke ich Herrn Univ.-Dozent Dr. E.OLBRICH (Histolog.-Embryol.Inst.d.Univ.Innsbruck; Vorstand Prof.Dr.Dr. G.SAUSER), für die Mithilfe bei den praktischen Arbeiten Herrn E.RUDIGIER (Bodenbiologie Imst).

I. ALLGEMEINES ÜBER DIE ZIRBENMYKORRHIZA

(mit besonderer Berücksichtigung der Pflanzgärten):

Charakteristisch sind ektotrophe Verpilzung⁺ und dichotome Verzweigung. Folgende Formen lassen sich unterscheiden:

Gabelmykorrhizen (häufigste Form):

Die Mykorrhizen sind einfach oder mehrfach verzweigt oder stehen in dichten Büscheln (z. B. Abb. 2c).

Knollenmykorrhizen:

Dicht gedrängte (gestauchte) Gabelbüschel sind zusätzlich von einem (identischen) Pilzmantel umhüllt (Abb. 2d). Boletus-Typ MELIN 1925.

Im Versuch und in Pflanzgärten wurde dieser Typ nach Einbringen künstlich angezogenen Mycels von *Suillus plorans* und *placidus* in autochthonen Zirbenbeständen in Verbindung mit Fruchtkörpern dieser Pilze festgestellt und daher auch als *Suillus* Typ bezeichnet (GÖBL 1963).

Einfache Mykorrhizen:

- a) entweder noch nicht differenzierte Jugendformen (+ kurz und dick)
- b) lang, meist dünn, dunkelbraun oder schwarz. Ein geringer Prozentsatz ist bei Jungpflanzen meist im oberen Teil des Wurzelsystems festzustellen (Austrocknung, erhöhte Bodentemperatur!).
Reichliches Vorkommen läßt auf ungünstige ökologische Bedingungen schließen.

Die Ausbildung typischer Wuchsformen im folgenden Mykorrhiza-Typen genannt die sich u. a. durch morphologische und anatomische Merkmale (Verzweigung, Farbe bzw. Bau des Pilzmantels und des Hartig'schen Netzes) unterscheiden, wird durch die mykorrhizabildenden Pilze verursacht und durch die ökologischen Gegebenheiten (Bodenbeschaffenheit + Pflegemaßnahmen) beeinflusst. Der Begriff des Mykorrhiza-Typs ermöglicht es uns, die Vielfalt der verschiedenen Mykorrhizen zu ordnen und Vergleiche ihrer Ökologie anzustellen, obwohl die Artzugehörigkeit des Pilzes nur in Einzelfällen bekannt ist.

⁺ Der Pilzpartner dringt nicht in die Wurzelzellen ein

Vor einigen Jahren wurde im Hinblick auf die großen Aufforstungsprojekte die Zirbenanzucht in verschiedenen Pflanzgärten versucht vorerst mit unterschiedlichem Erfolg. Mykorrhiza-Untersuchungen in den mehr oder weniger unbehandelten Böden ermöglichten eine Gruppierung der Mykorrhiza-Typen nach ökologischen Gesichtspunkten (GÖBL 1963). Für den ursprünglichen Zustand der Zirbenanzuchtflächen waren wenige Typen charakteristisch; z.T. war auf großen Flächen nur ein Typ anzutreffen (z.B. Kaiserau, vergl. Abschnitt II).

Seither wurde die Zirbenanzucht intensiviert. Die vielfältige Behandlung der Böden (Einbringen von Torf, Waldstreu, Kompost, verschiedener Düngemittel u. a.) schaffte zahlreiche neue Bedingungen und ermöglichte damit die Ausbildung neuer Typen.

Nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen sind zwei große Gruppen zu unterscheiden; sie können im Einzelfall noch weiter unterteilt werden:

		Form	Anatomischer Bau
Ungünstige Typen:			
am häufigsten			Pilzmantel fehlt, unregelmäßig od. wenigsschichtig (auch stachelig), Hartig'sches Netz meist gut ausgebildet. Rinde, in d. R. auch die Endodermis stark verkorkt
seltener, aber weltweite Verbreitung	schwarz	einfach od. einfach gegabelt	mit derbem Pilzmantel und abstrahlenden Hyphen (Cenococcum-Typ)
	hell (weiß, gelblich, grau, hellmittelbraun, rötlichbraun, hfg. verdickt u. mit sichtbarem Pilzmantel	a) alle Formen von Gabelmykorrhizen	Pilzmantel gut entwickelt, zart mehr- bis vielschichtig oder wenigsschichtig mit lose abstrahlenden Hyphen. (Für manche Typen sind abstrahlende Hyphenstränge charakteristisch). Verkorkung von Rinde und Endodermis in d. R. schwach
große ökologische Amplitude		b) Knollenmykorrhizen	

II. MYKORRHIZA-UNTERSUCHUNGEN IN DEN GÄRTEN KAISERAU UND FISS VOR DER VERSUCHSANLAGE

Im Garten Kaiserau wurden die Mykorrhizen erstmalig im Juli 1960 an 1 j. verschulten und 4 j. verschulten Zirben untersucht.

Eine orientierende Bestimmung ergab 110 verpilzte Wurzelspitzen pro Pflanze für die 1 jährigen und nur 190 (!) für die 4 jährigen Zirben (vergl. Abb. 2 a).

Der anschließend beschriebene Mykorrhiza-Typ war einheitlich für die ausgedehnte Verschulfläche festzustellen:

Mykorrhizen dunkelbraun mittelbraun, vhm. dünn, einfach, bei den 4 j. auch einfach gegabelt,
Pilzmantel fehlend, ein- oder wenigschichtig, $\pm$ großlumig
(Maschendurchmesser etwa 3 5μ); 1 3 Rindenzellschichten, z.T. auch die Zellwände verkorkt.
Hartig'sches Netz gut ausgebildet, geschlossen, vhm. großlumig.

Ursache für den schlechten Zustand der älteren Zirben war u.a. die starke Beschädigung von Wurzeln und Mykorrhiza durch regelmäßiges Ausfrieren im Frühjahr und die darauf folgende Neuverschulung in den nassen Boden.

Sobald die Pflanzen wenigsten mit Moos abgedeckt wurden (Leucobryum, Hylocomium aus den angrenzenden Fichtenbeständen) konnten besseres Wachstum, bessere Mykorrhiza-Entwicklung und zugleich das Auftreten neuer Mykorrhiza-Typen festgestellt werden (gelbe Mykorrhizen, einzelne Knollen, weiße Gabeln; vergl. Abschnitt IV, 1 a).

In Fiss erfolgten die ersten Mykorrhiza-Untersuchungen im Juli 1959. Die Durchschnittszahl der verpilzten Wurzelspitzen für 3 jährige, im Garten angezogene Zirben lag um 200!

An Mykorrhiza-Typen waren vorhanden:

dunkelbraune, dünne Mykorrhiza mit fehlendem oder wenigschichtigem Pilzmantel und kräftigem Hartig'schem Netz, schwarze Mykorrhizen, (sog. Cenococcum-Typ), graue Mykorrhizen, Oberfläche mit brüchigen Stacheln besetzt.

Regelmäßige Bearbeitung, Düngung, Einbringen von Torf oder Humus aus Zirbenbeständen verbesserten die Mykorrhiza-Ausbildung und damit die Pflanzenqualität.

Ein 1960 angelegter Versuch zeigte, daß sich Hochmoortorf hervorragend zur Bodenverbesserung für die Zirbenanzucht eignet; außerdem erwies sich die Impfung mit spezifischen Pilzkulturen als günstig.



Abb. 2 a

III. WURZELAUSBILDUNG DES VERSCHULMATERIALS

Für den Versuch Kaiserau standen nur 1 j. Sämlinge zur Verfügung während in Fiss Keimlinge, deren Stämmchen gerade verholzt waren, verschult werden konnten.

Eine Untersuchung der Wurzel ergab, daß an den Verschulpflanzen beider Versuche wohl Anfangsstadien der Mykorrhizabildung, aber noch keine Mykorrhiza-Typen zu beobachten waren. Durchschnittsangaben sind in Tabelle 2 zusammengefaßt:

Tabelle 2:

	1 jähr. Sämlinge (Kaiserau)	Keimlinge (Fiss)
Länge der Hauptwurzeln in cm	10 12	7 9
Anzahl der Seitenwurzeln	9	einzeln
Kurzwurzeln:		
Länge in mm		1 2
Anzahl	100	30
Farbe	mittelbraun	dunkelbraun
Verpilzung	Rinde stark verkorkt, mit schwacher, meist unregelmäßiger Pilzinfektion; vereinzelt ist ein wenigschichtiger, bräunlicher und großlumiger Pilz- mantel ausgebildet (MØ 3 - 7µ)	Rinde stark verkorkt, mit schwacher, meist unregelmäßiger Pilzinfektion.

IV. VERSUCHSAUSWERTUNG

M e t h o d e

Die Pflanzen für die Mykorrhiza-Untersuchungen wurden besonders sorgfältig aus der Mitte der Parzellen entnommen, präpariert und für die spätere Auswertung in Formalin fixiert.

Bereits eine erste Beurteilung der Wurzeln und ihres Mykorrhiza-Besatzes bei der Pflanzenentnahme ergab auffallend große Unterschiede zwischen Pflanzen verschieden behandelter Parzellen (Abb. 1). Auf Grund dieser Beobachtung wurde folgende Methode für die Mykorrhiza-Untersuchungen festgelegt:

Für jedes Versuchsfeld (= Wiederholung I und II) wurde pro Parzelle der Mykorrhiza-Besatz von 3 Pflanzen bestimmt. Der Stichprobenumfang war durch die Arbeitskapazität beschränkt. Da sich auch im Verlauf der Auswertung die Unterschiede zwischen den verschieden behandelten Parzellen (1-20) als groß, die Unterschiede zwischen gleich behandelten Parzellen in I und II als gering herausstellten, konnten die einzelnen Pflanzen statistisch als Wiederholung (= 6 Wiederholungen) gewertet werden.

Quantitative Untersuchung:

Alle verpilzten Wurzeln (im vorliegenden Fall die gesamten Kurzwurzeln) wurden gezählt.

Die Gesamtzahl der Mykorrhizen pro Pflanze kann entsprechend der Pflanzengröße bzw. Gesamtwurzellänge auch innerhalb der Parzellen schwanken. Als verhältnismäßig konstant und für Vergleiche gut geeignet erwies sich der Quotient aus Gesamtmykorrhizazahl und Gesamtwurzellänge (Mykorrhizafrequenz nach BJÖRKMAN); er wird bei der Auswertung auch angegeben als Mykorrhiza-Besatz pro 10 cm Wurzellänge.

Ein Teil der Meßergebnisse konnte durch Anwendung der Varianzanalyse geprüft werden.

Qualitative Untersuchungen:

Bei der Zählung wurde gleichzeitig der Anteil der verschiedenen Mykorrhiza-Typen bestimmt.

Die Typen wurden nach eingehender Bearbeitung von Quer- und Längsschnitten durch verpilzte Wurzeln aller Entwicklungsstadien definiert. Sie sind bereits makroskopisch gut zu unterscheiden. Bei den Knollenmykorrhizen wurden um einen Vergleich zu ermöglichen die in einer Knolle zusammengefaßten Wurzelspitzen bestimmt. (Da sich die Spitzen an der Knollenoberfläche abzeichnen, sind bei einiger Übung nur in seltenen Fällen Querschnitte nötig.)

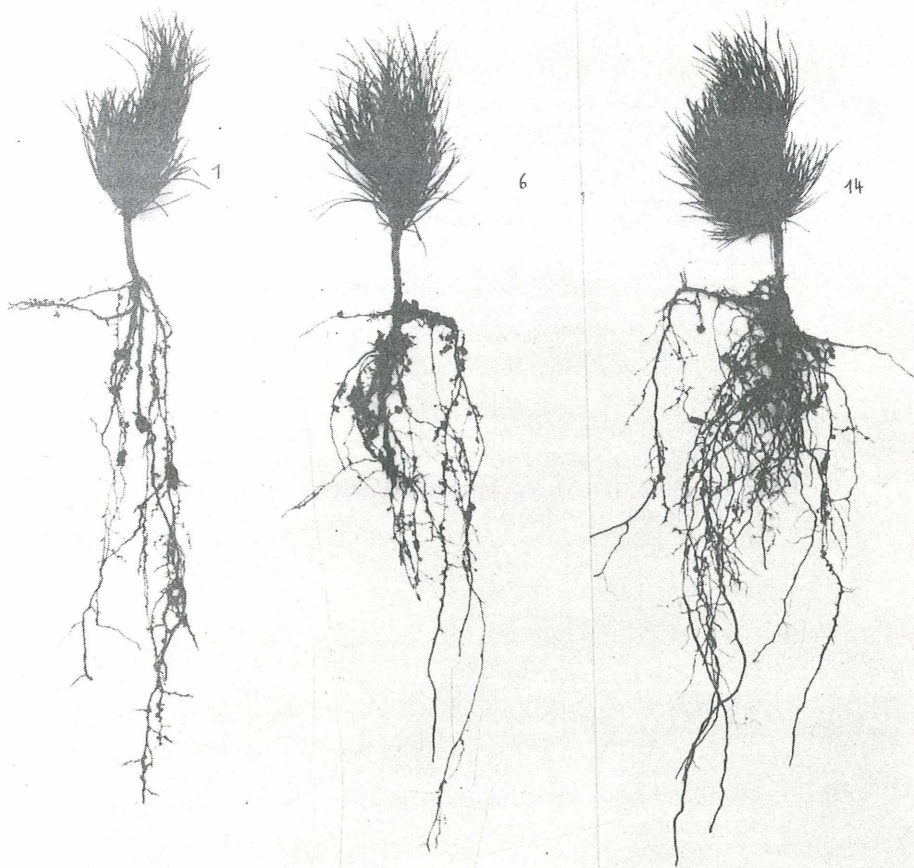


Abb. 1

Für Vergleiche von Mykorrhizadurchmesser, Pilzmanteldicke, Reservestoffgehalt etc... wurden Schnitte 1 - 2 mm unterhalb der Wurzelspitze junger, kräftig entwickelter Mykorrhizen geführt. (Einbettung der Mykorrhizen in Paraffin oder Gelatine; Färbung der Schnitte in Gentanaviolett nach MEYER 1962.) Alle Angaben sind Durchschnittswerte aus 100 Messungen, wobei jeder Messung ein Schnitt durch je eine Kurzwurzel entspricht.

Hilfsmittel:

Präparierlupe, Mikroskop, Projektionsmikroskop.

Abkürzungen:

PM	Pilzmantel
HN	Hartig'sches Netz (= "Hyphennetz" zwischen den Rindenzellen)
MØ	Maschendurchmesser (des Pilzgeflechtes)
ZZ	Zentralzylinder
M:	Morphologische Charakteristik der Mykorrhizen
A:	Anatomische " " "
MF	Mykorrhizafrequenz

Auf die Wiedergabe der umfangreichen Tabellen sowie der rechnerischen Auswertungen wurde der besseren Übersicht wegen und auch aus drucktechnischen Gründen verzichtet. Dieses Material liegt im Bodenbiologischen Institut Imst der Forstlichen Bundesversuchsanstalt auf.

E r g e b n i s s e

Ein direkter Vergleich der Versuche Kaiserau und Fiss ist nicht möglich, da sowohl die Versuchsorte (Lage, Boden), der eingebrachte Hochmoortorf (Kaiserau: Sphagnumtorf, Fiss: Eriophorumtorf), die Qualität der Pflanzen (Alter, Herkunft) als auch die im Boden vorhandene natürliche Mykorrhiza bildende Pilzpopulation verschieden waren.

Diese Vielfalt der Faktoren dazu kommt noch die vhm. große Anzahl von Düngungsvarianten erschwerte die Auswertung und beschränkte die Möglichkeit der statistischen Verarbeitung des Materials.

1. Versuch Kaiserau

a) Beschreibung der Mykorrhiza-Typen:

Im Bereich der Versuchsfläche wurden 8 Mykorrhiza-Typen festgestellt.

Zwei davon dominieren auf der ganzen Fläche:

Gabelmykorrhizen mitlosem, gelbem Mycel (Abb.2b)

M:

einfach mehrfach verzweigt, z.T. üppige Büschel. Alle Mykorrhizen dieses Typs sind reichlich von loseem, blaß-gelbem Mycel umhüllt; charakteristisch sind gelbe Mycelstränge.

A:

PM mehrschichtig, an dickeren Schnitten gelblich ($M\phi$ ca. $3,5\mu$), die zahlreich abstrahlenden Hyphen (ϕ 1,8 $2,5\mu$) sind dünnwandig, glatt und dicht mit Schnallen besetzt.

HN ($M\phi$ 1,8 $2,5\mu$) dicht, immer doppelreihig.

Mittelbraune Gabelmykorrhizen (Abb.2c)

M:

einfach mehrfach verzweigt, z.T. üppige Büschel; i.d. Regel mittelbraun mit helleren Spitzen; Oberfläche matt, kein sichtbares Mycel.

A:

PM wenigsschichtig, farblos, großlumig ($M\phi$ 4 6μ);

HN großlumig ($M\phi$ 3,5 $5,5\mu$).

Eine Ähnlichkeit mit dem ursprünglichen Typ ist vorhanden (vergl. Abschnitt II).

Alle übrigen Typen traten weniger häufig und zum Teil recht unregelmäßig auf:

Weißer Knollenmykorrhiza (vergl.allgem.Beschreibung und Abschnitt IV, 3) (Abb.2 d)

M:

dicht-gedrängte Gabelbüschel sind zusätzlich von einem (identischen) PM umhüllt.

A:

PM vielschichtig (50 70μ , max. 100μ , dick), gegen den Rand zu meist großlumig, Ofl. z.T. mit abstrahlenden, kurzen Hyphen besetzt.

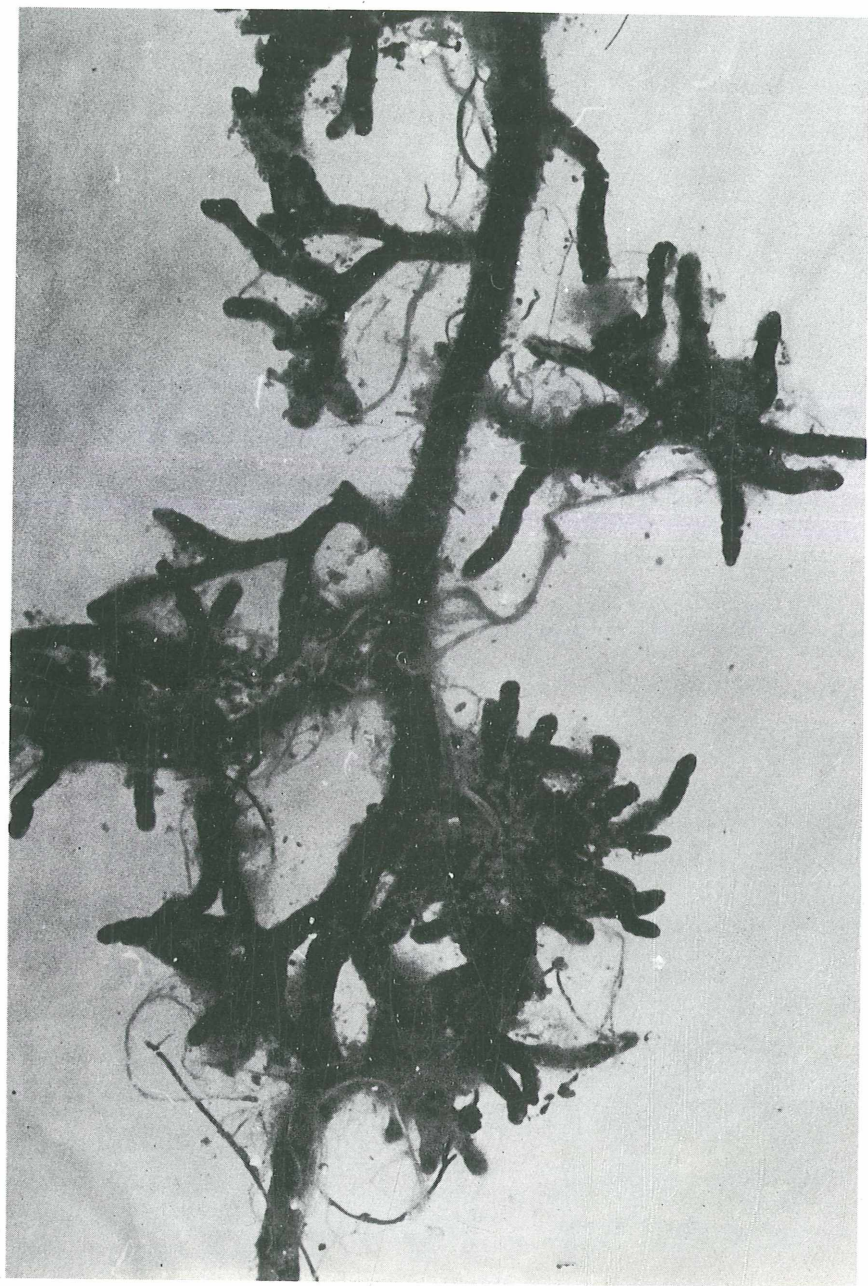


Abb. 2 b

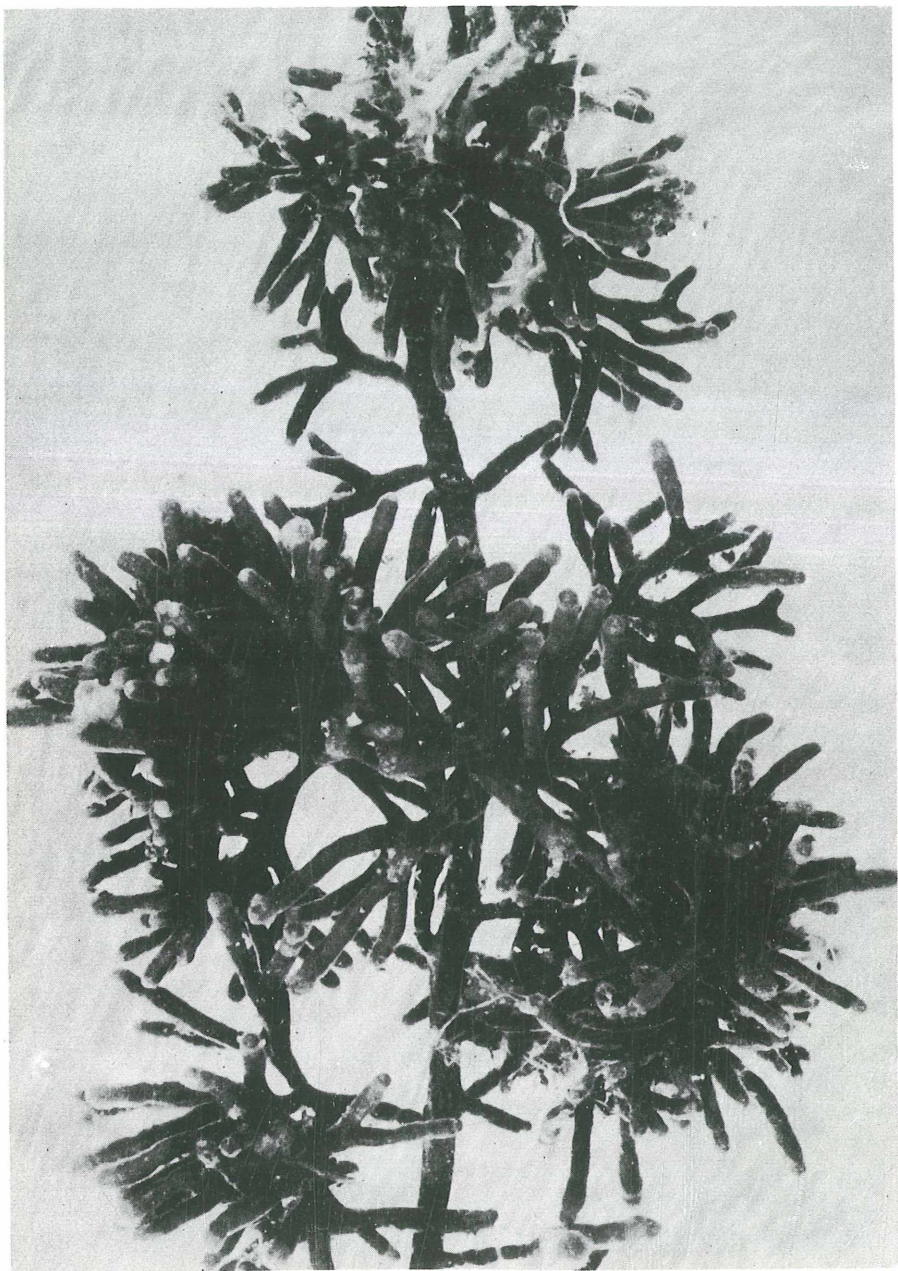


Abb. 2 c

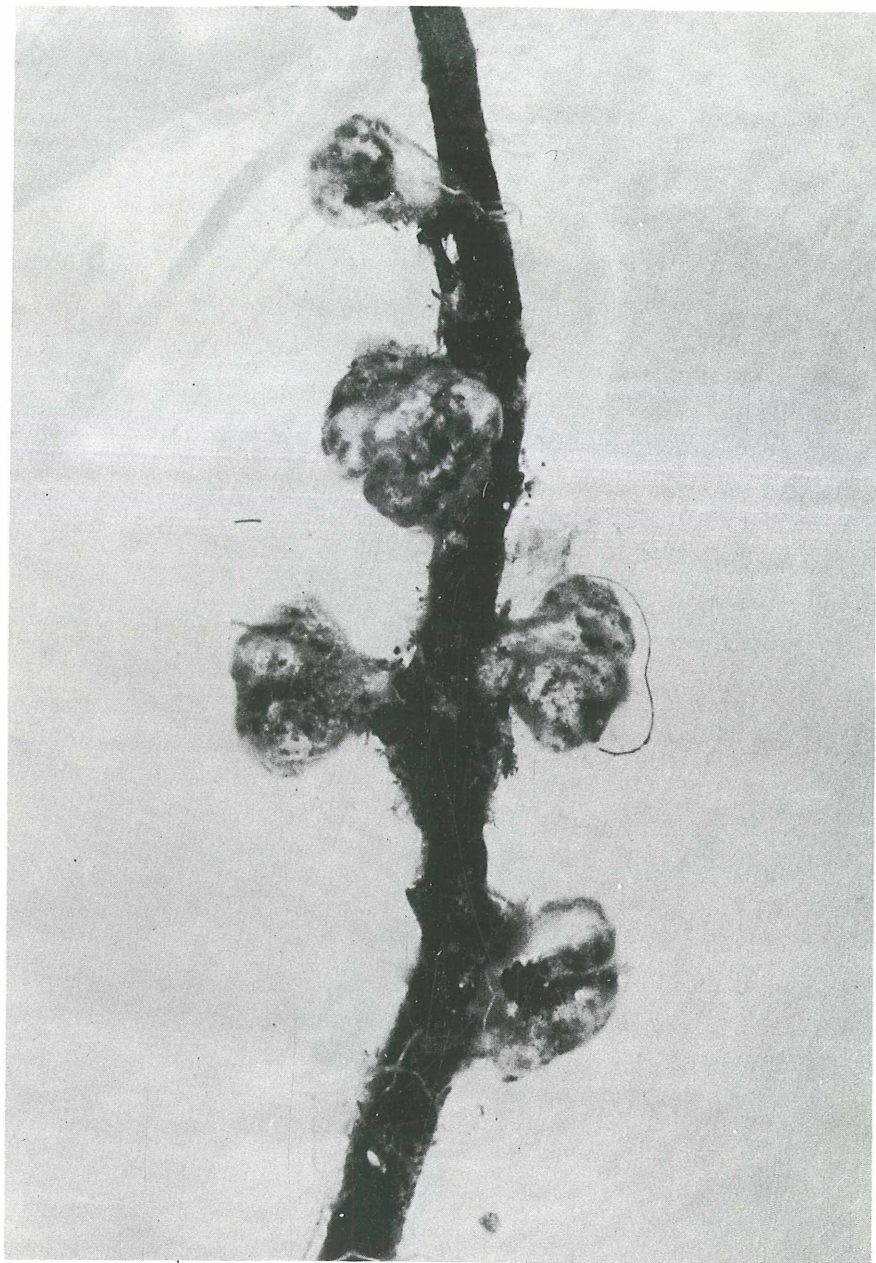


Abb. 2 d



Abb. 2 e

Weiß e Gabelmykorrhizen

M:

einfach mehrfach gegabelt, z.T. üppig verzweigt.

A:

PM mehr vielschichtig ($M\phi$ 1,5 3 μ), Ofl. $\frac{+}{-}$ glatt.

Gabelmykorrhizen mit lose m, weiß em Mycel

M:

einfach einfach verzweigt, zart, von lose m, weiß em Mycel umhüllt, weiß e Mycelstränge sind selten.

A:

PM mehr - vielschichtig farblos, zart ($M\phi$ 2 5 μ), die abstrahlenden Hyphen sind reichlich mit Schnallen besetzt.
HN zart ($M\phi$ 1,8 3,5 μ), mehrere Zellreihen tief.

Graue Mykorrhizen mit schwarzen Hyphensträngen

M:

gedrungene, sitzende Gabelbüschel, grau, von schwärzlichen, gekräuselten Hyphensträngen umhüllt.

A:

PM mehr vielschichtig, an dicken Schnitten grau ($M\phi$ variiert von 3,5 12 μ !).

HN weitmaschig.

Auffallend bei diesem Typ ist ein enger Kontakt mit Bodenteilchen.

Schwarzbraune Gabelmykorrhizen (Abb.2e)

M:

kurzgestielte, zarte Gabelbüschel, mit matter Ofl. und abstrahlenden, schwarzbraunen Mycelsträngen.

A:

PM mehrschichtig, schwarzbraun ($M\phi$ 2,5 3,5 μ ca.), mit abstrahlenden Hyphen.

HN kräftig, kann bis zur Endodermis reichen.

Dunkelbraune Mykorrhizen

Alle Mykorrhizen, deren Rinde bzw. Endodermis $\frac{+}{-}$ stark verkorkt und deren Leistung für die Pflanze daher gering ist, sind zu einer Gruppe zusammengefaßt:
sie sind i.d. Regel dunkelbraun, $\frac{+}{-}$ dünn, der PM fehlt, ist unregelmäßig oder wenigschichtig.

b) Quantitative und qualitative Verteilung der Mykorrhizen in den verschiedenen Parzellen

Gesamtzahlen und Frequenz:

Tabelle 3:

Die Durchschnittszahlen für den gesamten Mykorrhizabesatz zeigen mit Ausnahme einer deutlichen Steigerung in den vollgedüngten Parzellen - keine auffallenden Unterschiede. Besser kommt die Beeinflussung der Wurzeln und ihres Mykorrhiza Besatzes in den sogenannten Frequenzzahlen zum Ausdruck; Pflanzen aus vollgedüngten Parzellen weisen auch den höchsten Mykorrhiza Besatz auf (vergl. Abb. 4).

Verteilung der Mykorrhiza Typen:

Abbildung 3 zeigt die prozentuale Verteilung der Mykorrhiza-Typen innerhalb der Parzellen.

Auffallend ist der häufige Wechsel in der Dominanz der beiden Haupttypen (Gabelmykorrhizen mit gelbem Mycel, mittelbraune Gabelmykorrhizen; siehe z.B. Parzellen 19 und 20); er läßt auf ein Konkurrenzverhältnis schließen, wobei der Anteil der beiden Haupttypen an der Gesamtzahl der Mykorrhizen nicht sehr stark variiert.

Die fleckenweise Häufung dieser Mykorrhiza - Typen im Gesamtversuch ist sichtlich unabhängig von der Düngung.

Alle dunkelbraunen, mehr oder weniger stark verkorkten und erwiesenermaßen weniger leistungsfähigen Mykorrhizen sind zusammengefaßt; ihr Anteil ist in den vollgedüngten Parzellen merklich geringer. Die Verteilung der Knollenmykorrhizen wird gesondert behandelt.

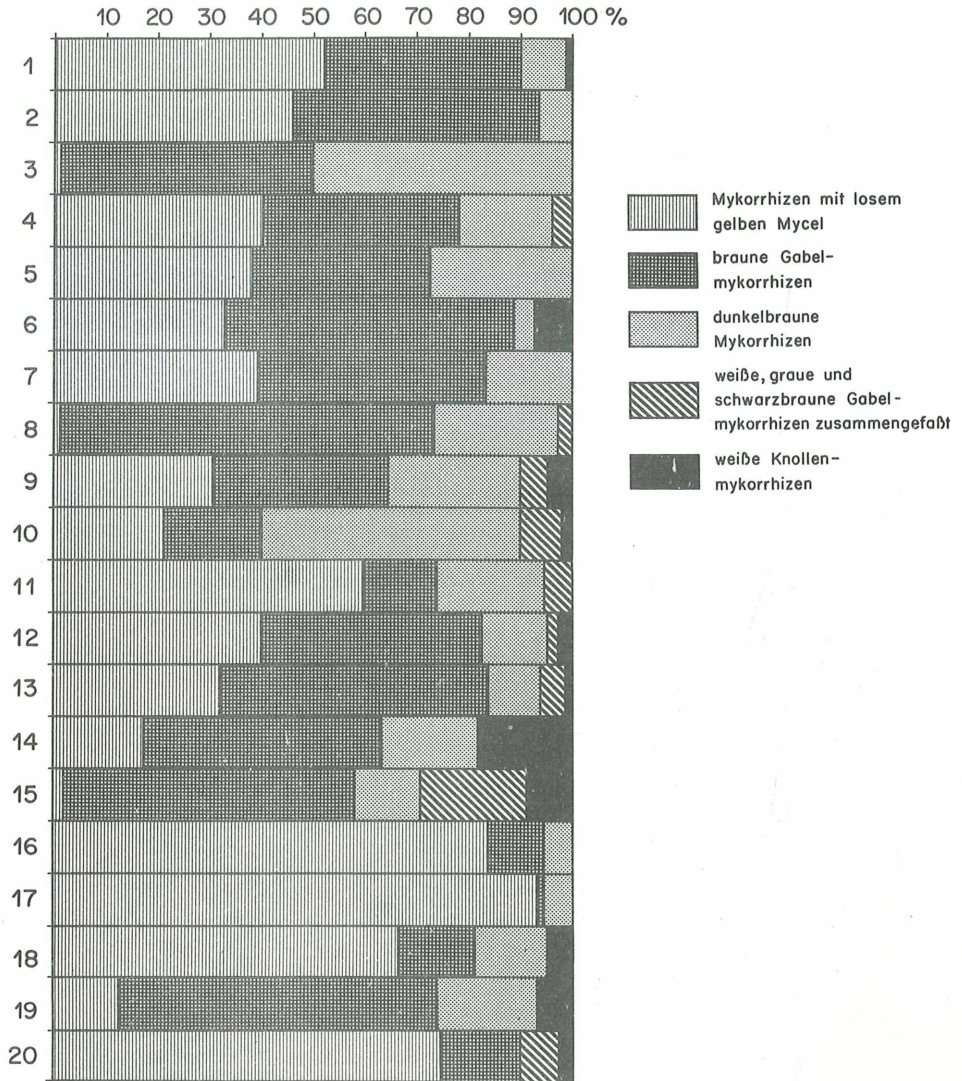


Abb. 3

Tabelle 3:

Parzelle	Behandlung	Mykorrhiza- Gesamtbesatz	Mykorrhizen pro 10 cm Wurzellänge
1	0	2413	137
2	P ₁	2998	127
3	K ₁	2431	134
4	N ₁	2122	109
5	P ₃	2098	100
6	My	2658	145
7	P ₁ K ₁	2199	95
8	N ₁ P ₁	2073	105
9	N ₁ K ₁	2609	145
10	P ₁ K ₁ My	2041	123
11	P ₂ K ₁	2360	122
12	P ₃ K ₁	2678	134
13	N ₁ P ₁ K ₁	2255	153
14	N ₁ P ₁ K ₁ My	2755	145
15	N ₂ P ₂ K ₂ My	4295	162
16	N ₂ P ₂ K ₂	2838	145
17	N ₃ P ₂ K ₂	2821	144
18	N ₄ P ₁ K ₁	2803	136
19	N ₅ P ₁ K ₁ My	2514	128
20	N ₅ P ₁ K ₁	2722	142
X		773	94

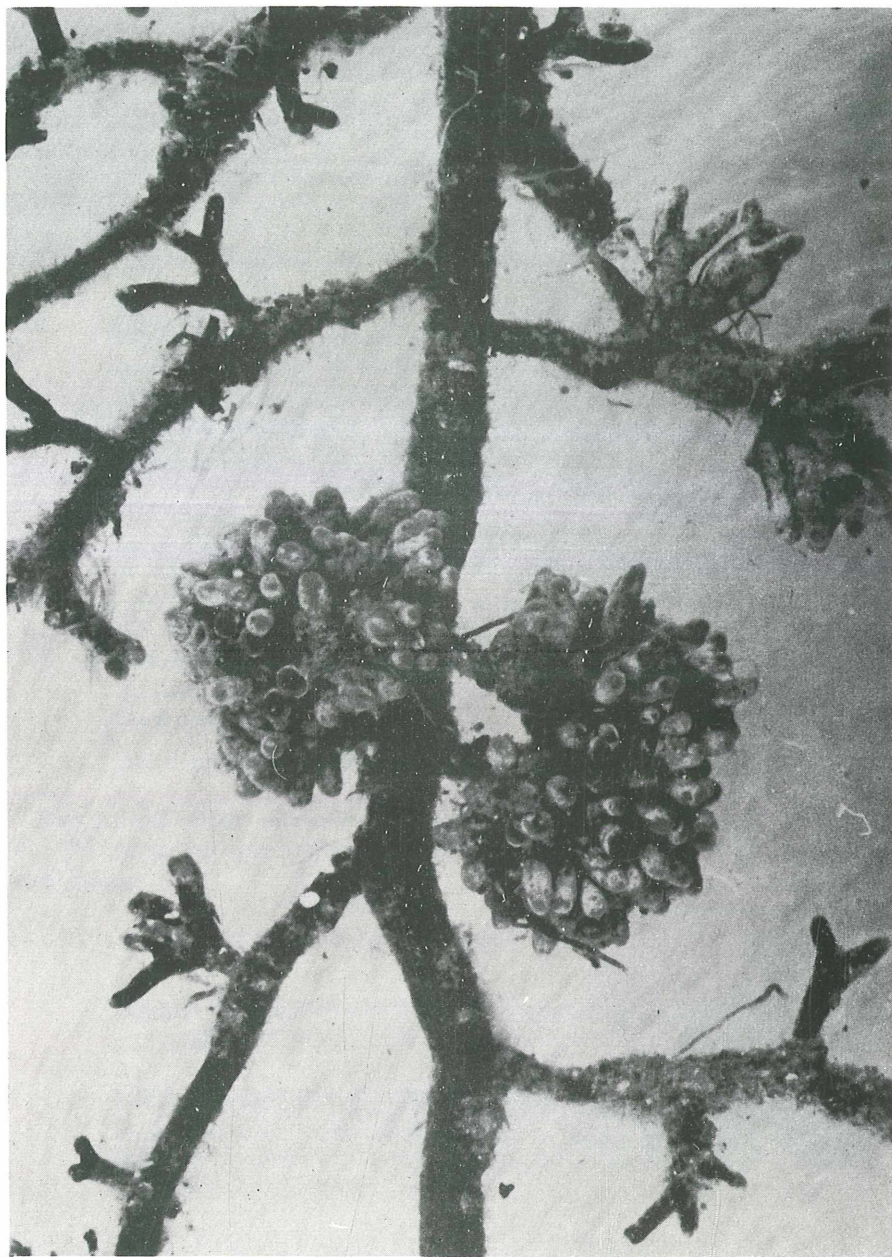


Abb. 2 f

2. Versuch Fiss

a) Beschreibung der Mykorrhiza Typen:

Innerhalb der Versuchsfläche konnten 7 Mykorrhiza Typen unterschieden werden.

Im Gegensatz zum Versuch Kaiserau dominiert ein Typ in allen Parzellen:

Grauweiße Gabelmykorrhizen (Abb. 2f)

M:

verschiedene Formen von Gabelmykorrhizen, meist mehrfach verzweigt; $\pm$ lockere Büschel in der oberen, humusreichen Bodenschicht, im mineralischen Unterboden vorwiegend gedrungene Wuchsform. Jugendformen weiß, ältere Mykorrhizen hell dunkelgrau.

A:

PM mehr vielschichtig, $M\phi$ nimmt von innen nach außen beträchtlich zu (3 8μ); $\pm$ farblos, äußere Schichten infolge Einlagerung bräunlicher Tröpfchen dunkler gefärbt; reichlich abstrahlende Hyphen, $\pm$ reichlich Hyphenstränge.

HN zart ($M\phi$ 2,5 $3,5\mu$).

Bei vielen Mykorrhizen dieses Typs ist eine Sekundärinfektion dunkelbrauner Hyphen in der äußeren Mantelschicht festzustellen.

Bei diesem Typ fällt der enge Kontakt mit Torfteilchen auf.

Der Anteil aller anderen Typen am Gesamt Mykorrhizabesatz der Pflanzen ist geringer und ihre Verteilung zum Teil recht unregelmäßig.

Gabelmykorrhizen mit losem, gelbem Mycel (selten)

M:

einfach - mehrfach verzweigt, von losem blaßgelbem Mycel und gelben Mycelsträngen umhüllt.

A:

PM mehrschichtig, mit reichlich abstrahlenden Hyphen (1,8 $2,5\mu$, dünnwandig, glatt, mit Schnallen besetzt). HN im Gegensatz zum ähnlichen Typ aus dem Versuch Kaiserau nur einreihig!

Weißer Knollenmykorrhizen (wie Kaiserau)

Weißer Gabelmykorrhizen (wie Kaiserau)

Mittelbraune Gabelmykorrhizen

M:

einfach mehrfach verzweigt.

A:

PM wenigsschichtig, großlumig ($M\phi$ 5 12 μ), Zellwände der Wurzelrinde häufig stark verkorkt.

HN kräftig, großlumig.

Schwarze Mykorrhizen (Cenococcum-Typ)

M:

einfach mehrfach verzweigt, Ofl. $\frac{+}{-}$ glatt oder mit borstig abstrahlenden Hyphen besetzt.

A:

braunviolette, glatte Hyphen (ϕ um 3,5 μ) bilden einen mehr vielschichtigen PM, von dessen Ofl. sie häufig borstig ausstrahlen. Der $M\phi$ des PM nimmt von innen nach außen zu, ebenso die Farbintensität.

HN, wenn vorhanden, nur schwach gefärbt.

Mykorrhizabildner vermutlich cenococcum graniforme.

In den Mykorrhizabüscheln mancher Pflanzen wurden Sklerotien (= Überdauerungsorgane) von 1 2 mm ϕ gefunden.

Dunkelbraune Mykorrhizen

Wie beim Versuch Kaiserau wurden alle stark verkorkten dunkelbraunen Mykorrhizen zu einer Gruppe zusammengefaßt.

b) Quantitative und qualitative Verteilung der Mykorrhizen in den verschiedenen Parzellen

Gesamtzahlen und Frequenz:

Tabelle 4:

Die Durchschnittszahlen für den Gesamt - Mykorrhizabesatz zeigen verhältnismäßig große Unterschiede und eine deutliche Steigerung des Besatzes in den geimpften Parzellen, bei Impfung + Volldüngung sowie schwacher Volldüngung allein, wenn die Stickstoffkomponente Ammonsulfat ist.

Die Frequenzzahlen bringen diese Unterschiede noch deutlicher zum Ausdruck (Abb. 4).

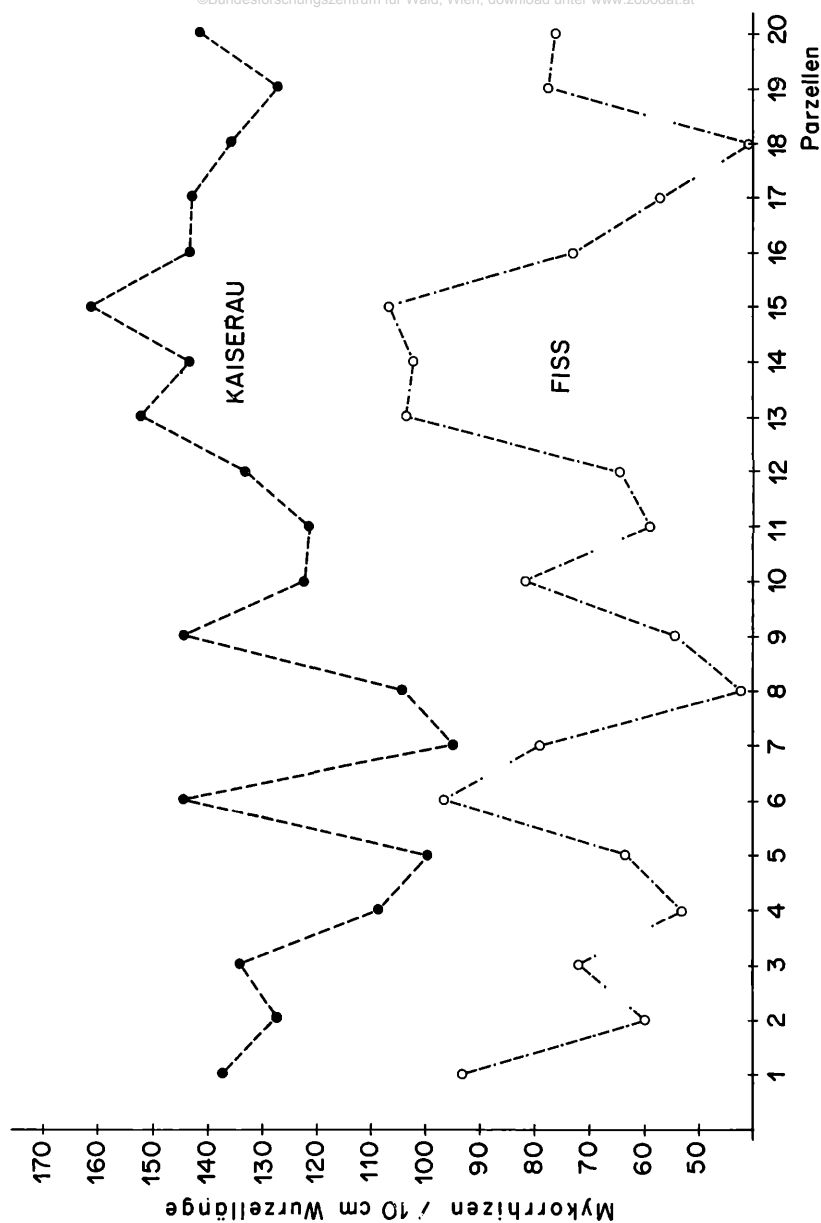


Abb. 4

Tabelle 4:

Parzelle	Behandlung	Mykorrhiza- Gesamtbesatz	Mykorrhizen pro 10 cm Wurzellänge
1	0	2307	93
2	P ₁	1636	60
3	K ₁	1563	72
4	N ₁	1221	53
5	P ₃	1815	63
6	My	2692	97
7	P ₁ K ₁	2291	80
8	N ₁ P ₁	1271	42
9	N ₁ K ₁	1412	54
10	P ₁ K ₁ My	2388	82
11	P ₂ K ₁	1825	59
12	P ₃ K ₁	1777	65
13	N ₁ P ₁ K ₁	2768	104
14	N ₁ P ₁ K ₁ My	3072	104
15	N ₂ P ₂ K ₂ My	2648	108
16	N ₂ P ₂ K ₂	1793	74
17	N ₃ P ₂ K ₂	1411	57
18	N ₄ P ₁ K ₁	1034	41
19	N ₅ P ₁ K ₁ My	1941	79
20	N ₅ P ₁ K ₁	2344	77

Ein Vergleich der Mykorrhiza Frequenz zeigt, daß trotz der unterschiedlichen Versuchsbedingungen in Kaiserau und Fiss die Mykorrhizabildung durch die Düngung sehr ähnlich beeinflußt wurde!

Bemerkenswert sind die hohen Frequenzwerte in den geimpften (Nr. 6), in den vollgedüngten (Nr. 13) sowie vor allem in den geimpften und vollgedüngten Parzellen (Nr. 14 und 15).

Besonders zu beachten ist, daß die höheren Gaben der Voll-düngung bei zusätzlicher Impfung (Nr. 15, $N_2P_2K_2 + My$) sehr gute Werte ergaben, während bei fehlender Impfung (Nr. 16, $N_2P_2K_2$) eine Verminderung sowohl der Gesamtmykorrhizazahl (vergl. Tabelle 3 und 4) als auch der Frequenz festzustellen war.

Ein Vergleich mit den ebenfalls geimpften Parzellen 6 (+ My) und 10 ($P_1K_1 + My$) erlaubt die Annahme, daß die Nährstoffaufnahme und damit die Stoffproduktion der Pflanzen durch den eingebrachten Pilz gestiegen ist. Vergl. Abschnitt IV, 3 bzw. Abschnitt I, Tabelle 1).

Verteilung der Mykorrhiza Typen:

Die prozentuale Verteilung der Mykorrhiza Typen (Abb. 5) zeigt, daß in allen Parzellen nur ein Typ dominiert (grauweiße Mykorrhizen); die Verteilung der Mykorrhizen ist viel ausgeglichener als im Versuch Kaiserau. Daher schien der Versuch Fiss für eine statistische Auswertung besser geeignet (Abschnitt IV c).

Die Verteilung der Knollenmykorrhizen wird gesondert behandelt. In den meisten Parzellen mit Stickstoffdüngung fallen schwarze Mykorrhizen auf; dieser Typ (= Cenococcum-Typ) war bisher für Zirbenjungpflanzen nur aus trockenen Böden bekannt und vor der Bodenverbesserung im Garten recht häufig.

c) Varianzanalytische Auswertung des Versuches Fiss

Eine Impfung des Bodens mit Mykorrhizapilzen kann derzeit nur in beschränktem Maße durchgeführt werden. Daher war die Beeinflussung der Mykorrhizabildung nur durch verschiedene Düngemittel und ihrer wichtigsten Kombinationen von besonderem Interesse.

Um trotz der Vielfalt der Faktoren zu gültigen Aussagen zu gelangen, war die mathematische Sicherung der Unterschiede unerlässlich

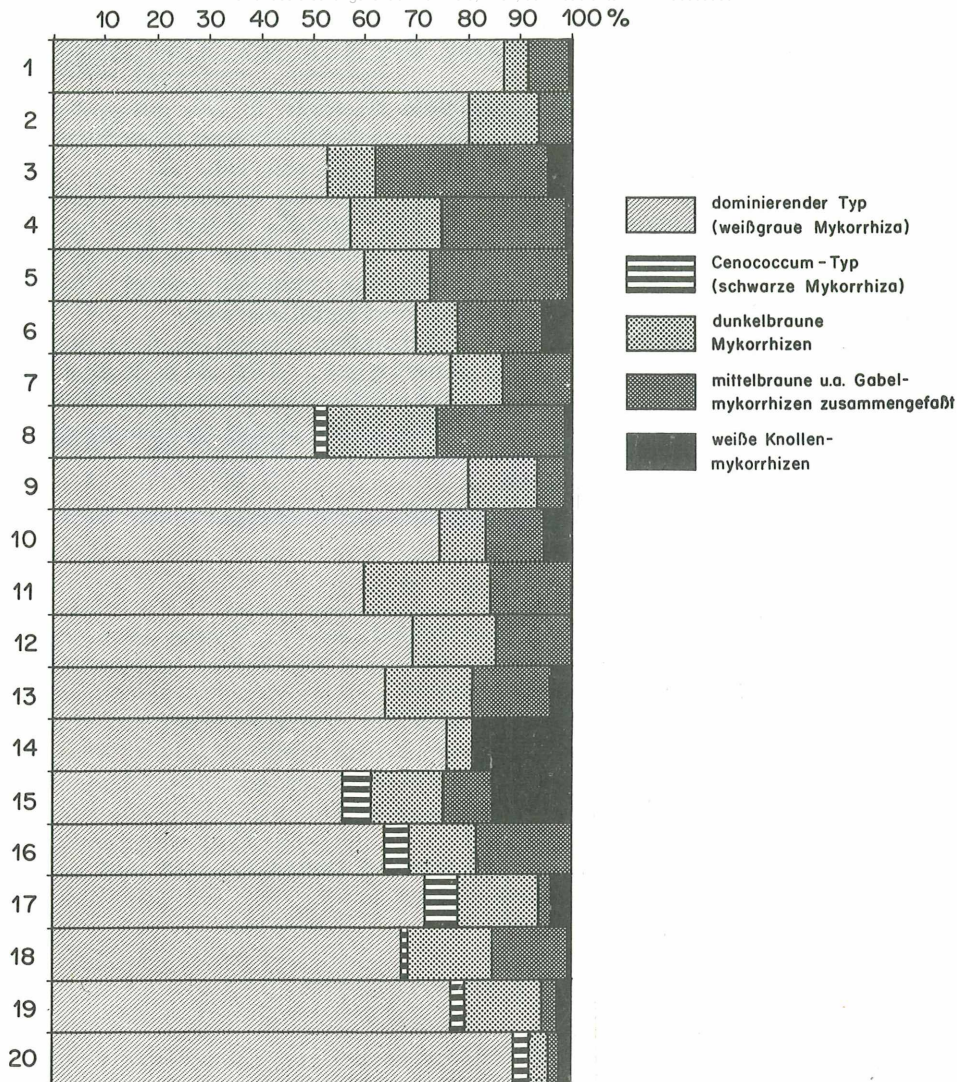


Abb. 5

Als Grundlage für die varianzanalytische Überprüfung dienen die durch Zählung ermittelten Werte für den Mykorrhizabesatz pro Längeneinheit (10 cm) der Wurzeln (Mykorrhizafrequenz MF).

A. VERGLEICH VERSCHIEDENER STICKSTOFFFORMEN:

Getestete Parzellen:	Nr. 7	P_1K_1		
	Nr. 13	$N_1P_1K_1$	N_1	Ammonsulfat
	Nr. 18	$N_4P_1K_1$	N_4	Nitramoncal
	Nr. 20	$N_5P_1K_1$	N_5	Harnstoff

Die verabreichte Stickstoffmenge war mit 4 g/m^2 in diesen Parzellen gleich.

1. P_1K_1 zeigt in Verbindung mit verschiedenen Düngern sehr ungleiche Wirkung.
 2. Zwischen den beiden Versuchsfeldern (I und II) ist kein Unterschied feststellbar.
 3. Desgleichen besteht auch keine Wechselwirkung zwischen den Düngern und den beiden Vergleichsfeldern.
2. und 3. zeigen, daß die Bodenverhältnisse der beiden Ver-

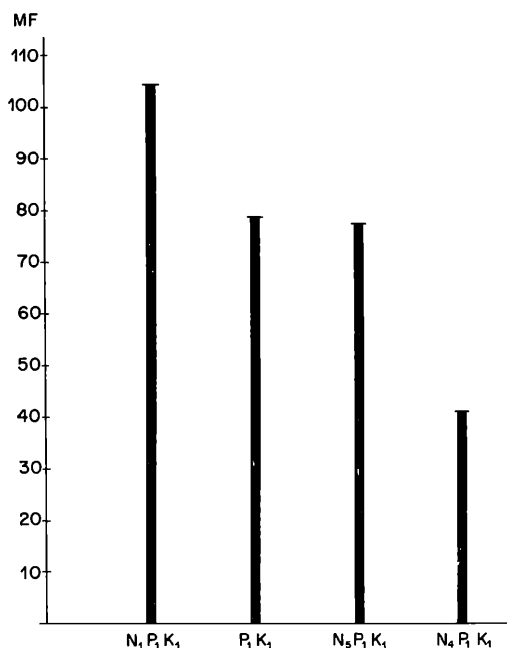


Abb. 6

suchsfelder als gleich betrachtet werden können.

4. und 5. Im Verein mit P_1K_1 fördert Ammonsulfat die Mykorrhizabildung, während Nitramoncal sie hemmt; die Kombination Harnstoff + P_1K_1 läßt keinen Unterschied gegenüber P_1K_1 allein erkennen.

B. VERGLEICH VERSCHIEDENER SUPERPHOSPHATMENGEN:

Getestete Parzellen: Nr. 3 K_1
Nr. 7 P_1K_1
Nr. 11 P_2K_1

Die verabreichte P_2O_5 Menge entspricht 10 g (P_1) bzw. 16 g (P_2) pro m^2 .

- 1., 2. und 3. analog zu A.
4. $P_2 + K_1$ hemmt sehr deutlich gegenüber K allein.
5. Die anscheinend fördernde Wirkung von P_1K_1 im Vergleich zu K_1 ist gerade nicht signifikant (bei Sicherheitsschwelle von 95 %).

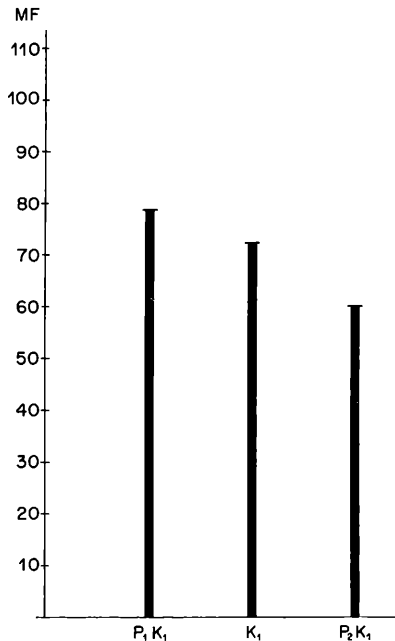


Abb. 7

C. VERGLEICH VERSCHIEDENER STICKSTOFFMENGEN:

Getestete Parzellen:	Nr. 7	P ₁ K ₁
	Nr. 13	N ₁ P ₁ K ₁
	Nr. 16	N ₂ P ₂ K ₂
	Nr. 17	N ₃ P ₂ K ₂

Die Stickstoffmenge entspricht 4 g (N₁), 6 g (N₂) bzw. 8 g (N₃) pro m² und wurde in Form von Ammonsulfat verabreicht.

- 1., 2. und 3. analog zu A.
4. N₁ wirkt auf P₁K₁ fördernd (hochsignifikant).
5. N₃ mit P₂K₂ hemmt im Vergleich zur niedrigeren Dosis N₂ (P: 95 %).
6. Zwischen P₁K₁ und N₂P₂K₂ kann kein Wirkungsunterschied festgestellt werden.

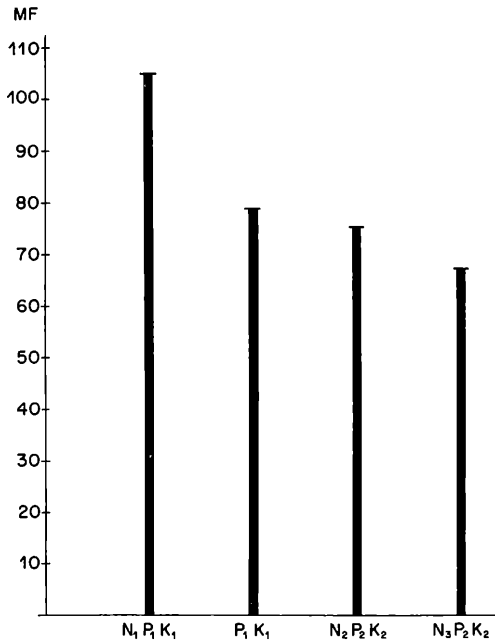


Abb. 8

D. VERGLEICH VON EINZELDÜNGERN UND IHREN KOMBINATIONEN:

Getestete Parzellen:	Nr. 1	O	
	Nr. 2	P ₁	
	Nr. 3	K ₁	
	Nr. 4	N ₁	
	Nr. 7	P ₁ K ₁	P ₁ = 10 g P ₂ O ₅ / m ²
	Nr. 8	N ₁ K ₁	K ₁ = 10 g K ₂ O / m ²
	Nr. 13	N ₁ P ₁ K ₁	N ₁ = 4 g N / m ²

Die Dünger wurden in Form von Superphosphat, Patentkali und Ammonsulfat verabreicht.

Einzeldünger sowie die Anwendung von zwei der getesteten Düngemittel hemmen die Mykorrhizabildung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

N₁ allein und in Verbindung mit P₁ oder K₁ hemmt am deutlichsten. Zwischen P₁ und N₁K₁ konnte kein Wirkungsunterschied festgestellt werden.

Die Hemmung durch K₁ und P₁K₁ ist relativ gering (vergl. auch Abb. 7). Diese Unterschiede in der Hemmwirkung der Düngemittel lassen darauf schließen, daß Mykorrhizapilze dem humusreichen Boden organisch gebundenen Stickstoff entnehmen können (vergl. Abschnitt IV, 3).

Eine Förderung der Mykorrhizabildung wird im geprüften Fall nur durch N₁P₁K₁ erzielt.

Die Wirkung der drei verwendeten Düngemittel addiert sich also erst in Kombination!

Die Ergebnisse basieren auf dem Auswertungsmaterial des Versuches Fiss, sie gelten aber auch für andere Pflanzgärten, sobald deren lokale Besonderheiten berücksichtigt werden (z.B. Bodenbeschaffenheit, Wurzel- bzw. Mykorrhiza - Ausbildung).

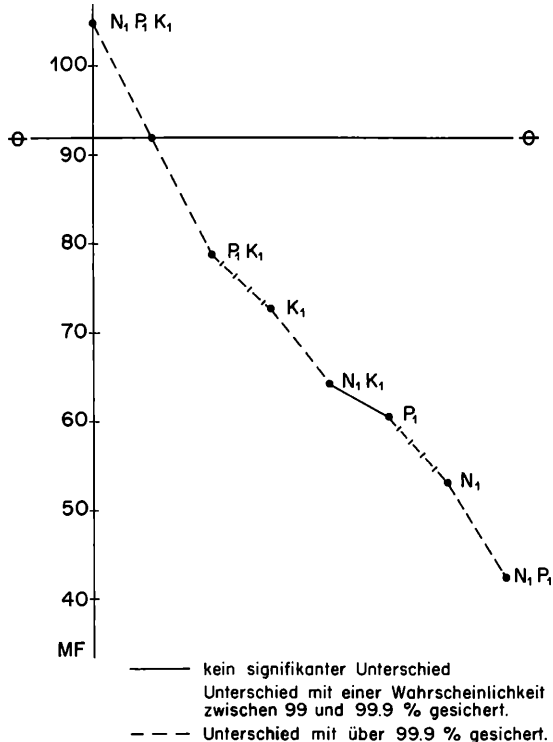


Abb. 9

Tabelle 5:

Knollenmykorrhizen: Durchschnittszahlen der verpilzten
Wurzelspitzen pro Pflanze.

Parzelle Nr.	Behandlung	Durchschnittszahl der verpilzten Wurzelspitzen		N-Gehalt des Bodens in %
		Kaiserau	Fiss	
1	O	33.3	16.6	0.14
2	P ₁	1.6	5.8	
3	K ₁	7.4	73.3	
4	N ₁	8.3	21.8	
5	P ₃	16.5	19.9	
6	My	196.6	16.6	0.17
7	P ₁ K ₁	10.1	0.8	0.20
8	N ₁ P ₁	17.5	23.3	
9	N ₁ K ₁	153.3	26.6	
10	P ₁ K ₁ My	59.6	128.3	0.14
11	P ₂ K ₁	1.3	0.8	
12	P ₃ K ₁	73.3	6.6	
13	N ₁ P ₁ K ₁	26.6	112.4	0.19
14	N ₁ P ₁ K ₁ My	506.6	508.3	0.14
15	N ₂ P ₂ K ₂ My	371.6	405.0	0.14
16	N ₂ P ₂ K ₂	5.0	11.6	0.26
17	N ₃ P ₂ K ₂		20.3	
18	N ₄ P ₁ K ₁	150.0	12.5	
19	N ₅ P ₁ K ₁ My	194.4	80.0	
20	N ₅ P ₁ K ₁	66.6	58.3	

3. VERTEILUNG DER WEISSEN KNOLLENMYKORRHIZEN

Knollenmykorrhizen treten in Pflanzgärten mitunter spontan auf; auch in der Kaiserau und in Fiss wurden sie vereinzelt gefunden. Ihre Beeinflussung durch Düngung bzw. Impfung war aus zwei Gründen interessant:

1. Suillus plorans, der durch das Impfmateriel in den Boden eingebrachte, für die Zirbe spezifische Pilz kann Knollenmykorrhizen bilden. Deren reichliches Vorkommen beweist, daß der Pflanzgartenboden günstige Voraussetzungen für die Weiterentwicklung des Pilzes bietet.
2. Chemische Analysen (vorläufig für PO_4 , K_2O , Ca und Mg) haben bewiesen, daß Knollenmykorrhizen im Vergleich zu braunen Gabelmykorrhizen ein Vielfaches an Phosphor, Kali, Calcium und Magnesium speichern (vergl. GÖBL 1966) und auch aus diesem Grund zu den günstigsten Mykorrhiza-Typen der Zirbe zählen.

Die in Tabelle 5 zusammengefaßten Durchschnittszahlen für die Wurzelspitzen der Knollenmykorrhizen beider Versuche zeigen, daß die höchsten Werte in den geimpften Parzellen auftreten.

Auf Grund der Vergleiche mit Gesamtmykorrhizabesatz und Frequenzwerten (Tabelle 4) kann eine Relation zwischen Knollenmykorrhizabesatz und Wirkung der Mykorrhiza-Impfung angenommen werden.

Es ist eine deutlich fördernde Wirkung der Mykorrhiza-Impfung auf die Knollenbildung festzustellen.

Eine exakte Bearbeitung in Richtung auf die Wechselwirkung zwischen Impfung und Düngung bleibt einer weiteren Untersuchung vorbehalten.

Für einige Parzellen des Versuches Fiss lagen die Stickstoffanalysen vor:

Die Werte (Tabelle 5) zeigen, daß die Böden der nicht geimpften Parzellen stickstoffreicher sind. Eine deutliche Wechselwirkung zwischen Düngung und Impfung in Bezug auf den Stickstoff-Gehalt ist festzustellen. Da die Bodenproben nur einmalig entnommen wurden, sind die gefragten Werte nicht signifikant. Es wird also weiteren Untersuchungen vorbehalten sein, diese Fragen zu prüfen.

Die chemische Analyse hat gezeigt, daß Mykorrhizapilze z.B. dem Torf organisch gebundenen Stickstoff entnehmen können (GÖBL 1962, vergl. Teil 1, 1). Die vorläufige Annahme, daß Knollenmykorrhizen nicht nur Phosphor und Kali, sondern auch den durch Düngemittel zugeführten Stickstoff in größeren Mengen speichern und den Pflanzen zuführen, soll durch weitere Analysen geprüft werden.

Knollenmykorrhizen werden bei nicht sehr sorgfältiger Pflanzenentnahme leicht von den Wurzeln abgestreift, während die Gabelmykorrhizen z.T. verhältnismäßig elastisch sind.

4. EINFLUSS DER DÜNGUNG AUF WUCHSFORM UND INNEREN BAU DER MYKORRHIZEN

Morphologische Unterschiede:

Auffallend dichte und üppige Mykorrhiza Büschel wurden in den Parzellen 12 (P_3K_1) beider Versuche beobachtet. Thomasphosphat beeinflusst anscheinend die Formgestaltung unabhängig von der Frequenz.

Dagegen waren in allen Parzellen mit niedrigen Frequenzwerten vorwiegend einfache oder einfach gegabelte Mykorrhizen ausgebildet.

Anatomische Unterschiede:

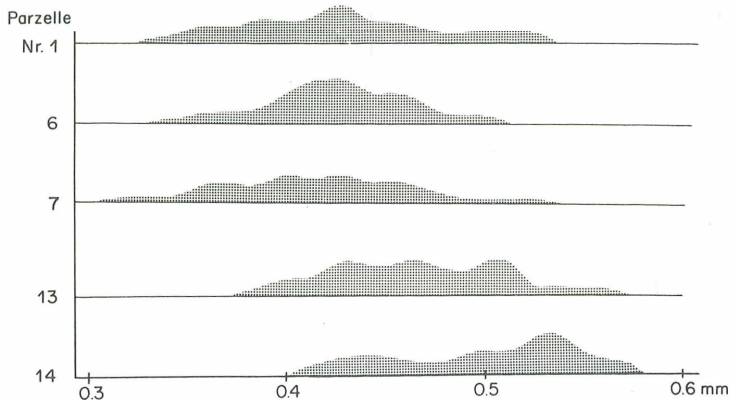
Die großen Unterschiede von Gesamt Mykorrhizabesatz und Frequenz ließen vermuten, daß der anatomische Bau der Mykorrhizen durch verschiedene Düngung ebenfalls beeinflusst wird.

Vergleiche und Messungen der Zellengröße zahlreicher Querschnitte von Mykorrhizen dominierender Typen - und zwar aus allen Parzellen zeigten jedoch, daß Pilzmantel und Hartig'sches Netz keine oder keine wesentlichen Veränderungen der Gewebestruktur aufweisen.

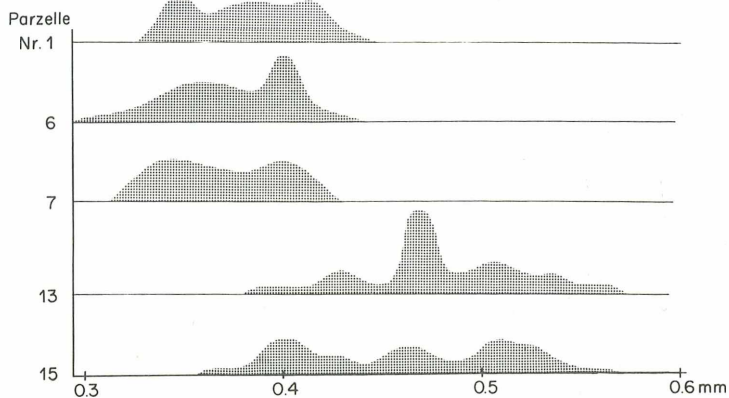
Erst Messungen der Pilzmanteldicke sowie des Mykorrhiza Durchmessers ergaben deutliche Unterschiede zwischen ungedüngten und gedüngten Pflanzen.

Die schematische Darstellung (Abb. 10) dieser Meßergebnisse zeigt, daß die Mykorrhizen der vollgedüngten Parzellen insgesamt dicker sind. (Es darf angenommen werden, daß Kurzwurzeln mit mehr Zellschichten auch mehr Reservestoffe speichern.)

KAISERAU: Gabelmykorrhizen mit losem gelben Mycel



KAISERAU: mittelbraune Gabelmykorrhizen



FISS: weißgraue Mykorrhizen

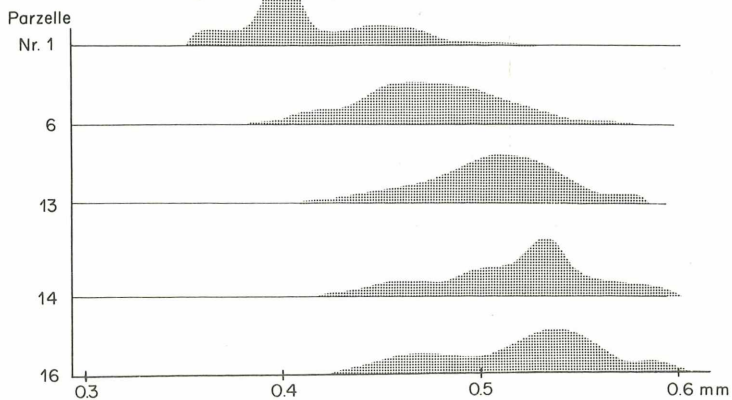


Abb. 10

Damit stimmen die Durchschnittswerte von Pilzmantelmessungen gut überein:

Tabelle 6

Mykorrhiza-Typ	Parzelle	Behandlung	Ø Pilzmanteldicke in μ
Mittelbr. Gabelmy- korrhizen (Kaiserau)	1	O	15,0
	4	N ₁	15,1
	13	N ₁ P ₁ K ₁	20,2
	15	N ₂ P ₂ K ₂ My	<u>17,3</u>
	16	N ₂ P ₂ K ₂	16,3
	19	N ₅ P ₁ K ₁ My	16,8
	20	N ₅ P ₁ K ₁	16,4
Grauweiße Gabelmykor- rhizen (Fiss)	1	O	61,0
	8	N ₁ P ₁	53,3
	13	N ₁ P ₁ K ₁	<u>66,4</u>

Die Mykorrhizen aus den vollgedüngten Parzellen hatten durchwegs dickere Pilzmäntel. Da eine Korrelation besteht zwischen gutem Pflanzenwachstum, gutem Mykorrhizabesatz und verhältnismäßig dicken Pilzmänteln, darf dieses Merkmal wohl positiv gewertet werden.

5. EINFLUSS DER DÜNGUNG AUF DIE FORM DES WURZEL-SYSTEMS UND DIE VERTEILUNG DER MYKORRHIZEN

In Fiss wurde an Pflanzen aus vollgedüngten Parzellen (Nr. 13, 14, 15, 19, 20) häufig ein gut verzweigtes Wurzelsystem mit nicht allzu langen Seitenwurzeln beobachtet (guter Wurzelballen!). Dagegen waren die Wurzeln von Pflanzen aus Parzellen ohne Stickstoff verhältnismäßig lang (schlechter Wurzelballen!). Die Unterschiede zeigen die Abbildungen 11 a und 11 b.

- a) vollgedüngte Parzelle (Nr. 15):
Pflanzen können verhältnismäßig leicht entnommen werden;
die Hauptmasse der Mykorrhizen bleibt an den Wurzeln.

- b) P₂K₁ Parzelle (Nr. 11):
lange Wurzeln reißen bei nicht sehr sorgfältiger Entnahme leicht ab und damit auch die Mykorrhizen, die im unteren Teil des Wurzelsystems sitzen.

Durch einen Wurzelschnitt während der Anzucht von Zirbenpflanzen konnte im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle ein ähnlicher Unterschied erzielt werden (GÖBL 1966).

6. JAHRESZEITLICHES WACHSTUM DER MYKORRHIZEN

Zum Zeitpunkt der Pflanzenentnahme Kaiserau 2. 6. V., Fiss 12. 16. X. hatte das Wachstum der Langwurzeln noch nicht begonnen bzw. war bereits abgeschlossen (Wurzelkappe verkorrt).

In beiden Fällen waren jedoch an den Wurzeln zahlreiche Mykorrhiza Neubildungen (mit zarten embryonalen Zellen an den Kuppen) zu beobachten.

Das Wachstum der verpilzten Kurzwurzeln erstreckt sich demnach über eine längere Zeitspanne als jenes der Langwurzeln. (Im Frühjahr konnten Mykorrhiza Neubildungen unter einer Schneedecke von ca. 1 m festgestellt werden.)

Diese Beobachtungen - die durch regelmäßige Probenahmen während des Winters ergänzt werden müßten - lassen vermuten, daß eine Stoffaufnahme durch die verpilzten Kurzwurzeln über einen viel längeren Zeitraum als die Vegetationsperiode wirksam ist. Am Radiobiologischen Laboratorium des Botanischen Institutes Grenoble laufende Untersuchungen über Aufnahme markierter Nährstoffe durch die Wurzeln von Pappeln, haben eine absolute Ruhepause von höchstens einigen Wochen ergeben (mündliche Mitteilung)!

Versuchskontrollen (Fiss) vom zeitigen Frühjahr bis in den Spätherbst ergaben keine ausgeprägte Periodizität für die Neubildung von Mykorrhizen - abgesehen von einer negativen Beeinflussung durch die Sommertrockenheit. Dies entspricht etwa den Ergebnissen von LEIBUNDGUT (1961) über das Wurzelwachstum der Lärche.

V. ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE FÜR DIE PRAXIS

1. Der Mykorrhiza-Besatz der Zirbenjungpflanzen wird durch Düngung sowie durch Impfung des Bodens mit Mykorrhiza-Pilzen mehr oder weniger stark beeinflusst (vergleiche Tabelle 3 und 4).
2. Düngung: Guter Mykorrhiza-Besatz wurde bei einfacher Volldüngung ($N_1P_1K_1$) erzielt, wenn die Stickstoffkomponente Ammonsulfat war. Volldüngung mit gesteigerter Stickstoffgabe (z.B. N_2 und N_3) wirkt hemmend und nicht besser als Einzeldünger.
3. Impfung fördert die Mykorrhizabildung. In den zwei sehr verschiedenen Versuchsgärten wurde eine ähnliche Wirkung erzielt!
4. Impfung + Düngung: Die Impfung wird durch die Düngung beeinflusst.
Der beste Mykorrhiza-Besatz (sowie die kräftigsten Pflanzen!) wurde bei Impfung und zusätzlicher einfacher oder gesteigerter (!) Volldüngung erzielt. (Durch den eingebrachten Mykorrhizapilz kann die Pflanze offensichtlich mehr Nährstoffe verwerten.)

Die Kosten für eine Mykorrhiza-Impfung sind demnach nur dann vertretbar, wenn eine zusätzliche Nährstoffzufuhr (Volldüngung) dem Pilz und damit auch der Pflanze günstige Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

Laufende Untersuchungen über die Frostresistenz von geimpften und gedüngten Pflanzen sollen diese Ergebnisse ergänzen.

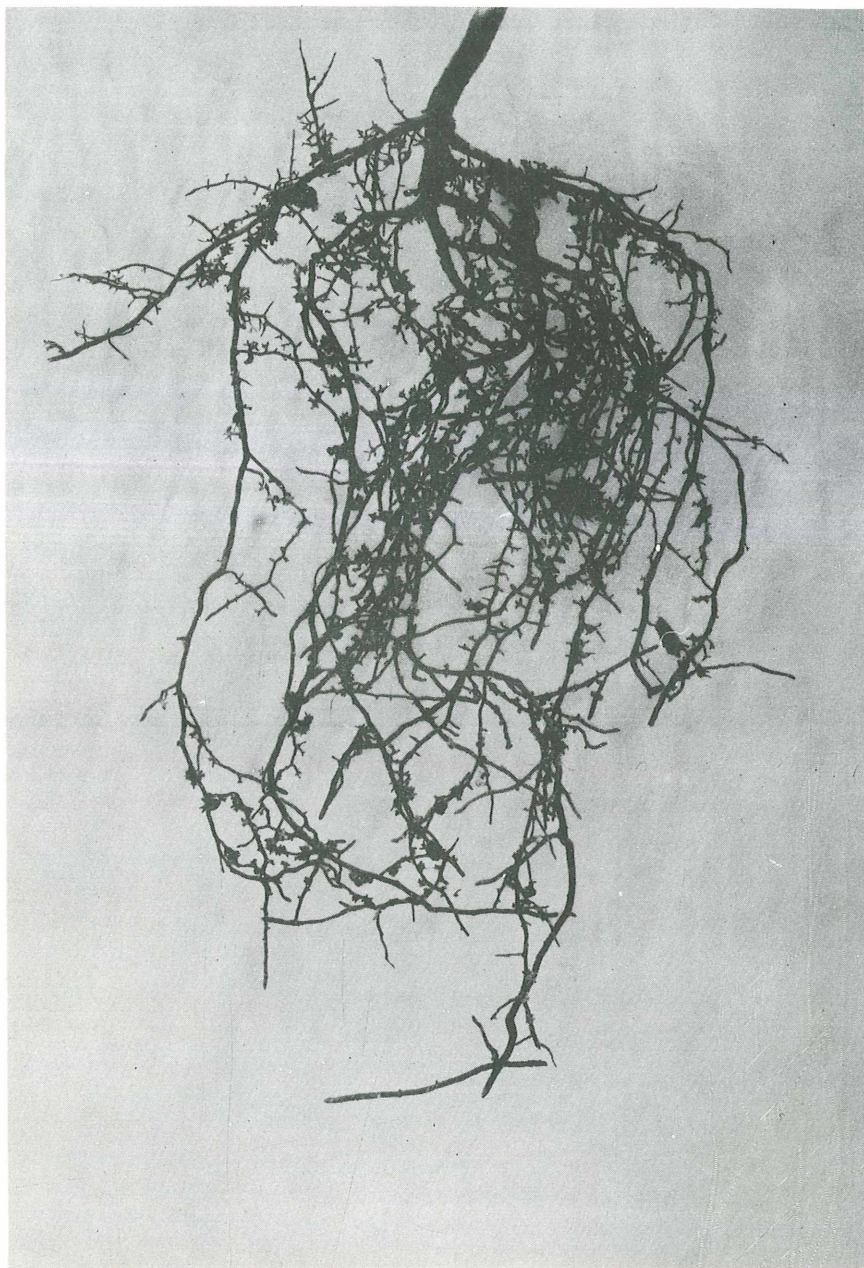


Abb. 11 a

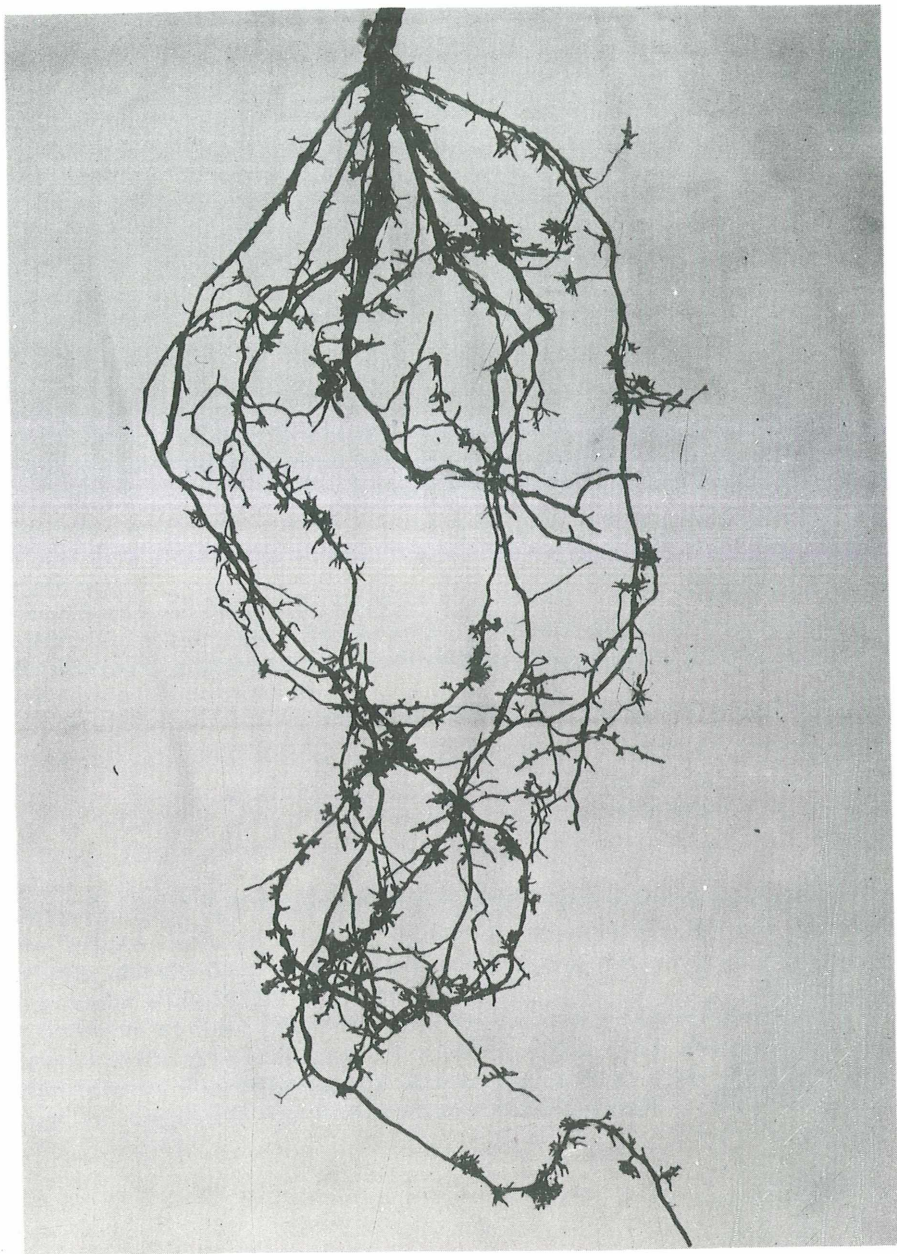


Abb. 11 b

ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1961 - 1964 wurden in den Bundesforstgärten Kaiserau (Steiermark) und Fiss (Tirol), in denen die Zirbenanzucht bisher keine befriedigenden Erfolge erbracht hatte, Düngungsversuche durchgeführt (kombinierte Stickstoffmangel-, Stickstoffsteigerungs-, sowie Stickstoff- und Phosphorsäure-Formen-Versuche).

Die wichtigsten dieser Versuche wurden zusätzlich kombiniert mit einer Impfung des Bodens mit künstlich angezogenen Mykorrhizapilzen.

In die Versuchsflächen wurde vor der Verschulung Hochmoortorf ($1 \text{ m}^3/\text{ar}$) eingearbeitet, um den Boden den Ansprüchen der Zirbe anzupassen eine Maßnahme, die sich sehr bewährte. Beim Versuch Kaiserau konnte dadurch eine Steigerung der Parzellenleistungen bis zu maximal 200 % erzielt werden.

Die Auswertung umfaßte Untersuchungen und Vergleiche der für eine Qualitätsbeurteilung der Zirbe wesentlichen Merkmale (H. PLATZER). Getrennt davon erfolgte eine Beurteilung der Mykorrhizen (F. GÖBL), da es von Vorteil erschien, das Problem von zwei Seiten zu beleuchten.

Die durch verschiedene Methoden erarbeiteten Ergebnisse stimmen sowohl für den Versuch Kaiserau als auch für den Versuch Fiss recht gut überein, außerdem sind deutliche Parallelen zwischen beiden Versuchen festzustellen.

Ausreichende harmonische Nährstoffversorgung, etwa den Parzellen 14 und 15 entsprechend:

N:	4	6	g/m^2	1,9 - 2,9	kg/a	Ammonsulfat
P_2O_5 :	10	16	g/m^2	5,5 - 8,9	kg/a	Superphosphat
K_2O :	10	16	g/m^2	3,8	5,7	kg/a Patentkali

fördert sowohl das Pflanzenwachstum als auch die Mykorrhizabildung. Die besten Erfolge wurden durch zusätzliche Mykorrhiza-Impfung erzielt; durch den eingebrachten Pilz kann die Pflanze offensichtlich mehr Nährstoffe verwerten.

Dadurch ist wohl (im Gegensatz zu manchen Literaturangaben) ein Beweis dafür erbracht, daß bei richtiger Wahl der Düngemittel eine harmonische Volldüngung die Mykorrhizabildung nicht schädigt, sondern im Gegenteil die Mykorrhizabildung fördert.

SUMMARY

From 1961 1964 fertilizer research was carried out in two State forest nurseries (Kaiserau in Styria and Fiss in Tyrol), in which cembran pine production had been unsatisfactory. The research covered a combination of investigations into nitrogen deficiency and increasing nitrogen content, as well as investigations into the best forms of added nitrogen and phosphoric acid.

The most important of these investigations were further combined with inoculation of the soil with artificially raised mycorrhiza.

Before lining out, peat was worked into the soil at the rate of 1cu.m/are to make it more suitable for cembran pine. This measure proved its worth, as production in the plots at Kaiserau was raised by up to 200 %.

The analysis comprised investigations and comparisons of those essential characteristics leading to a quality rating of cembran pine (H. PLATZER). A separate assessment of mycorrhiza followed (F. GÖBL), as it seemed advantageous to look at the problem from two sides.

The results arrived at by different methods were equally valid for Kaiserau and Fiss, and as well as this clear parallels could be drawn between the two methods.

Figures for Plots 14 and 15 show a balanced nutrient supply in sufficient quantity to encourage both plant growth and mycorrhizal development.

N:	4	6 g/m ²	1,9	2,9 kg/are	ammonium sulphate
P ₂ O ₅ :	10	16 g/m ²	5,5	8,9 kg/are	superphosphate
K ₂ O:	10	16 g/m ²	3,8	5,7 kg/are	patent potassium

Best results were obtained with additional inoculation; with the aid of added mycorrhiza the plants can obviously utilise more of the nutrient supply.

It would seem from the evidence of these experiments (contrary to many results in the literature), that by the correct choice of fertiliser, a balanced full-fertiliser programme does not damage the mycorrhiza but on the contrary encourages mycorrhizal development.

R É S U M É

La culture du pin cembre n'ayant pas remporté de succès satisfaisants dans les pépinières fédérales de Kaiserau (Styrie) et de Fiss (Tyrol), des essais d'amendement (essais combinés de soustraction et d'accroissement d'azote ainsi que divers amendements d'azote et d'acide phosphorique) furent exécutés pendant les années de 1961 à 1964. Les tests les plus importants furent combinés avec l'injection dans le sol de mycorrhizes cultivés artificiellement.

Pour adapter le terrain aux nécessités du pin cembre le sol des pépinières fut au préalable mélangé de tourbe ($1 \text{ m}^3/\text{are}$), une mesure qui s'avéra très favorable. Un accroissement du rendement des parcelles jusqu'à 200 % au maximum put ainsi être obtenu à Kaiserau.

L'exploitation des résultats consista en examens et comparaisons des caractéristiques essentielles pour l'évaluation qualitative du pin cembre (H. PLATZER). L'évaluation des mycorrhizes eut lieu séparément (F. GÖBL), car il parut favorable d'examiner le problème de deux côtés différents.

Les résultats obtenus par différentes méthodes concordent à merveille aussi bien pour l'expérience Kaiserau que celle de Fiss. De plus des parallèles évidentes peuvent être constatées entre les deux expériences.

Une nutrition harmonieuse suffisante favorise aussi bien la croissance des plantes que la mycorrhization, par exemple conformément aux parcelles 14 et 15:

N:	4	6 g/m ²	1,9	2,9 kg/a	Ammonsulfate
P ₂ O ₅ :	10	16 g/m ²	5,5	8,9 kg/a	Superphosphate
K ₂ O:	10	16 g/m ²	3,8	5,7 kg/a	sel d'engrais de soude contenant du magnesium

Les meilleurs résultats furent obtenus par injection supplémentaire de mycorrhizes; par l'addition de mycorrhizes la plante est évidemment en état d'absorber plus de matières nutritives.

Ce qui pourve que (contrairement à certaines données de la littérature) l'amendement harmonieux ne lèse pas les mycorrhizes, mais favorise au contraire la mycorrhization, si le choix des engrais est bon.

Р е з ю м е

В течении 1961 – 1964 гг., в государственных лесных питомниках Кайзерау (Штирия) и Фисс (Тироль), в которых культуры сибирского кедра не давали до сих пор удовлетворительных результатов, были проведены опыты по удобрению (комбинированные опыты с недостатком азота, с повышением дачи азоты, а также опыты удобрения азотом и различными формами фосфорной кислоты).

Важнейшие из этих опытов дополнительно комбинировались с прививкой к почве искусственно выращенных грибов-микориз.

Перед насаждением в опытные площадки вработывался верховой торф (1 куб. м. на 1 ар), чтобы приспособить почву к требованиям кедра. Это мероприятие весьма оправдало себя. при опытах в Кайзерау таким образом удалось повысить производительность участков до максимально 200%.

Разработка результатов охватывала исследования и сравнения факторов, существенных для оценки качества сибирского кедра (Г. ПЛАТЦЕР). Независимо от этого была проведена оценка качества микориз (Ф. ГЕБЛЬ), имея в виду, что подход к проблеме с двух сторон может быть полезным.

Результаты, полученные различными методами, проявляют удовлетворительную согласованность как при опытах в Кайзерау, так и при тех в Фиссе. Кроме того удалось

выявить ясные параллели между ними.

Достаточное и гармоническое снабжение питательными веществами, соответствующее примерно условиям на участках 14 и 15:

N 4 - 6 г/м² = 1,9 - 2,9 кг/ар сернокислого
аммония

P₂O₅ 10 - 16 г/м² = 5,5 - 8,9 кг/ар суперфосфата

K₂O 10 - 16 г/м² = 3,8 - 5,7 кг/ар патент-калия,
ускоряло как произрастание растений так и образование
микоризы. Лучшие успехи получались при дополнительной
прививке микоризы; грибы, внесенные в почву, очевидно
облегчают осваивание питательных веществ растением.

Таким образом, в противоположность к некоторым литературным данным, пожалуй доказано, что, при правильном подборе туков, гармоническое полное удобрение не вредит микоризе, а напротив, способствует образованию микоризы.

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

- 1 Pflanzen aus den Parzellen 1 (unbehandelt), 6 (geimpft) und 14 (vollgedüngt und geimpft); 1/5 d. natürl. Größe.
Fiss, Oktober 1964.
- 2 Mykorrhiza - Typen (7 1/2 mal vergrößert):
 - a) Kaiserau, Juli 1960, Wurzeln 4-jähriger Zirben, fast keine Mykorrhizen ausgebildet.
 - b) Gabelmykorrhizen mit losem, gelbem Mycel (Kaiserau)
 - c) mittelbraune Gabelmykorrhizen (Kaiserau)
 - d) weiße Knollenmykorrhizen (Kaiserau, Fiss)
 - e) schwarzbraune Gabelmykorrhizen (Kaiserau)
 - f) grauweiße Mykorrhizen (Fiss).
- 3 Kaiserau: prozentuale Verteilung der Mykorrhiza-Typen.
- 4 Vergleich der Frequenzwerte von Kaiserau und Fiss.
- 5 Fiss: prozentuale Verteilung der Mykorrhiza-Typen.

Graphische Darstellungen der varianzanalytischen Auswertungen (Fiss):
- 6 Vergleich verschiedener Stickstoffformen.
- 7 Vergleich verschiedener Superphosphatmengen.
- 8 Vergleich verschiedener Stickstoffmengen.
- 9 Vergleich der Einzeldünger und ihrer Kombinationen.
- 10 Schematische Darstellung der Mykorrhiza-Durchmesser aus unterschiedlich behandelten Parzellen.
- 11 a) Wurzel aus vollgedüngter Parzelle; 1/3 d. natürl. Größe.
b) Wurzel aus p K Parzelle; 1/3 d. natürl. Größe.

LITERATUR

Einleitung, Beschreibung der Gärten:

- BRAUN-BLANQUET J. 1964: Pflanzensoziologie, Springer, Wien
- FURRER E. 1955: Probleme um den Rückgang der Arve (*pinus cembra*) in den Schweizer Alpen. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forst. Vers.wesen XXXI, 3. Heft, 669 705
- GAMS H. 1931: Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. Zeitschr. Ges. für Erdkunde zu Berlin
- JAHRBÜCHER DER ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK 1962: Nr. 179
- JAHRBÜCHER DER ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK 1963: Nr. 180
- KIELHAUSER G. 1954: Die Trockenrasengesellschaften des Stipeto Poion xerophilae im oberen Tiroler Inntal. Schriftenreihe f. angewandte Pflanzensoziologie, Festschrift Aichinger I, p. 646. - 666
- KLEBELSBERG R.v. 1952: Die Fehlgebiete der Arve in den Schweizer Alpen. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., Bd. 62
- LÄMMERMAYER L. 1940: Die Verbreitung atlantischer Florenelemente in der Steiermark in ihrer Abhängigkeit von den ökologischen Faktoren, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 149
- TRANQUILLINI W. 1959: Die Stoffproduktion der Zirbe (*Pinus cembra* L.) an der Waldgrenze während eines Jahres. 1. Standortsklima und CO₂ Assimilation. Planta 54, 107 129
- TSCHERMAK L. 1950: Waldbau, Springer Wien

Untersuchungen über den Einfluß der Düngung:

- EBERMAYER E. 1882: Naturgesetzliche Grundlagen des Wald- und Ackerbaues. Erster Teil: Physiologische Chemie der Pflanzen. 1. Band: Die Bestandteile der Pflanzen. Berlin
- FINK J. 1958: Die Böden Österreichs. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 100, 92 134
- HERRMANN R. und MITARBEITER 1955: Die Untersuchung von Böden. Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch). 3. Auflage, Radebeul
- HYDROGRAPHISCHER DIENST ÖSTERREICHS 1952: Beiträge zur Hydrographie Österreichs, Heft 23: Die Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1901 bis 1950, Wien, Heft 26: Die Niederschläge in Österreich im Zeitraum 1901 bis 1950, Wien. Herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft in Wien
- KUBIENA W. 1953: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas, Stuttgart
- KUNTZE H. 1959: Über die von der Bodenreaktion abhängige Löslichkeit verschiedener Harnstoff-Acetaldehydkondensate. Über

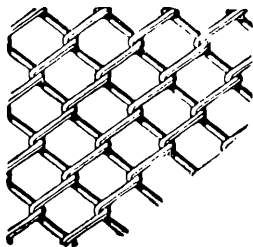
die Löslichkeitseigenschaften schwer löslicher Harnstoff-Acetaldehydkondensate (Urea-Z) im Hinblick auf deren Verwendung als langsamfließende Stickstoffdüngemittel im Boden. - Der Einfluß der Harnstoff-Acetaldehydkondensate auf die Nährstoffaufnahme der Pflanzen. Zft. für Pflanzenern., Düngung und Bodk. 86, 120 bis 123, 131 bis 141, 206 bis 214

- LANG R. 1933: Studien zur forstlichen Düngung. Fw.Cbl. 55. I. Wesen und Methoden der Düngung, 257 bis 270. - II. Magnesium, Eisen und Schwefel als Nährstoffe, Kalidüngung, Stickstoffdüngung, 541 bis 551 und 601 bis 611. - III. Phosphorsäuredüngung, 638 bis 651
- NEMEC A. 1932: Über den Chlorgehalt des Bodens und die Wirkung chlorhaltigen Kalisalzes auf das Fichtenwachstum in den Forstbaumschulen. Forstarchiv 8, 228 bis 232
- NEMEC A. 1935: Untersuchungen über die Phosphorsäureernährung der Fichten in den Dauerkämpfen. Fw.Cbl. 54, 77 bis 122
- NEMEC A. 1935: Über den Einfluß der Phosphorsäureernährung auf das Fichtenwachstum in den Pflanzgärten. Die Phosphorsäure, 4, 695 bis 705
- NEMEC A. 1937: Der Effekt einseitiger Stickstoffdüngung auf die Ernährung von Fichtenpflanzen in den Pflanzgärten (tschechisch, mit deutscher Zusammenfassung). In Ann. Acad. tschecosl. Agric. 12
I. Die Auswirkung a.d. N-Aufnahme, 141 - 149. II. Die Auswirkung a.d. Aufnahme d. Phosphorsäure, 209 - 215. III. Die Auswirkung a.d. Aufnahme v. Kalium, 385 - 391. IV. Die Auswirkung a.d. Aufnahme v. Ca, 391 - 398
- NEMEC A. 1940: Der Einfluß der Düngung auf das Wachstum der Fichten in den Wald-Baumschulen und auf ihre Entwicklung nach dem Versetzen ins Freiland. Zft. f. Bodk. und Pflanzenernährung 17, 204 bis 235
- NEMEC A. 1941: Über die Wirkung einer N-Düngung junger Fichten auf die Nährstoffaufnahme der Nadeln in Abhängigkeit von der Bodenreaktion und von dem Nährstoffhaushalt des Bodens. Zft. f. Bodk. und Pflanzenernährung 24, 113 bis 128
- NEMEC A. 1942: Meliorationsversuche bei kümmernden Kulturen durch Düngung und Mitanbau der Dauerlupine. Forstarchiv 18 95 bis 101
- RUPF H. 1958: Waldwirtschaft
- SCHACHTSCHABEL P. 1940: Die Methoden zur Bestimmung des Kalkbedarfes im Boden. Zft. f. Bodk. und Pflanzenernährung 19, 109 bis 124
- SCHWARZ P., Th. 1919: Klimatographie von Österreich, Wien
- STÖCKLI A. 1950: Die Ernährung der Pflanze in ihrer Abhängigkeit von der Kleinlebewelt des Bodens, Zft. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 48, 264 bis 279
- THEMLITZ R. 1953: Bewertung von Bodenanalysen zur Beurteilung forstlich genutzter Böden. Zft. für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 61, 65 bis 71

- THEMLITZ R. 1958: Zur Phosphorsäuredüngung junger Forstpflanzen. Die Phosphorsäure 18, 214 bis 219
- THEMLITZ R. 1963: Erfahrungen zum Nährstoffzustand von Böden und Pflanzen aus Forstpflanzenanzuchtstätten. Allg. Forstw. Jagdztg. 7/173
- VATER H. 1927: Forstliche Anbauversuche, insbesondere Düngungsversuche. Berlin Sw. 11
- WITTICH W. 1952: Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Wald. Schriftenr. d. forstl. Fak. d. Univ. Göttingen 4, 1 bis 106

Mykorrhiza - Untersuchungen:

- BJÖRKMAN E. 1942: Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. Symb.bot.upsal. 6,2, 1
- BJÖRKMAN E. 1962: Der Einfluß ektotropher Mykorrhiza auf die Entwicklung von Forstpflanzen nach der Pflanzung. 13. Jufro-Kongreßbericht, 2. Teil, Bd. 1, Wien
- GÖBL F. 1962: Das Mykorrhizaprobem bei der Zirbenanzucht. 13. Jufro-Kongreßbericht, 2. Teil, Bd. 1, Wien
- GÖBL F. 1963: Die Zirbenmykorrhiza in Pflanzgärten. Cbl. f.d. ges. Forstwesen, 80, 1, 20 30
- GÖBL F. 1965: Die Zirbenmykorrhiza im subalpinen Aufforstungsgebiet. Cbl. f.d. ges. Forstwesen
- GÖBL F. 1965: Untersuchungen der Mykorrhiza von Zirbe und Fichte in Pflanzgärten. Mitt.d.FBVA Mariabrunn, Heft 66
- GÖBL F. im Druck: Beobachtungen über einen Wurzelschnitt bei Zirbe. Cbl. f.d. ges. Forstwesen
- LOBANOW N.W. 1960: Mykotrophie der Holzpflanzen. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin
- MIKOLA P. 1957: Studies on Soil Properties and Seedling Growth in Finnish Forest Nurseries. Comm.Inst.Forest.Fenn. 49, 2
- MOSER M. 1959: Die künstliche Mykorrhiza-Impfung an Forstpflanzen. III. Die Impfmethode im Forstgarten. Forstwiss.Cbl. 78, 193 202
- MOSER M. 1963: Förderung der Mykorrhizabildung in der forstlichen Praxis. Mitt.d.FBVA Mariabrunn, Heft 60
- MOSER M. 1964: Die Mykorrhizafrage bei der Anzucht von Forstpflanzen für das Hochgebirge. Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge, BLV München
- NEUWINGER I. 1964: Wirkung von Substrat und Düngung auf das Wachstum von Jungzirben. Forstwiss, Cbl. 83, 129 192
- RAYNER M. 1939: The mycorrhizal in relations to forestry. III. Organic composts and the growth of the young trees. Forestry 13, 1, 19 35
- TRAPPE J.M. 1965: Tuberculatae Mycorrhizae of Douglas Fir (Pseudotsugamenziesii). Forest Science, 11, 1



JERGITSCH - GITTER

liefert Drahtschotterbehälter

für Wildbach- und Lawinenverbauungen

seit über 60 Jahren

Unser sonstiges Erzeugungsprogramm:

Einfriedungen, auch aus Kunststoff, plastiküberzogenes
Stahldrahtgeflecht mit verschweißten Enden

Stahlbau: Fenster, Türen, Tore mit elektrischem Antrieb,
Hallen, Zwischenwände

Kunststoffe: Wasser- und säuredichte Isolierbeschich-
tungen auf Beton, Industrie-Boden und Wand-
beschichtungen

Stahlrohrmöbel, Betteinsätze

Jergitsch — Gitter und Eisenkonstruktionen

Ges. m. b. H.

1010 WIEN I, ELISABETHSTRASSE 10

TELEFON 57 15 04

Höhere Flächenproduktivität

**Früher gesicherte Kulturen,
höhere Zuwachsleistungen,
verbesserte Standortsbonität
durch Walddüngung**

Für die Kulturdüngung

**Vollkorn rot
Vollkorn spezial**

Für die Bestandesdüngung

**Nitramoncal
Ammonsulfat
Harnstoff Urolinz**

Für den Forstgarten

Vollhumon

**Düngemittel aus dem Werk
mit Erfahrung und Tradition**



**Österreichische
Stickstoffwerke AG**