

Die Bedeutung des Wurzelsystems für die Züchtung dürreresistenter Rebenunterlagssorten

von

G. GEISLER

I. Einleitung und Problemstellung

Bei den meisten Kulturarten und deren Varietäten wurden Beziehungen zwischen dem Dürreverhalten der Pflanzen und den Eigenschaften ihres Wurzelsystems, insbesondere Wurzeltiefgang, -verzweigung, Verhältnis von Wurzel- zu Triebwachstum etc., untersucht; in diesem Zusammenhange wurde auch auf die Bedeutung der Wurzeleigenschaften für die Züchtung dürreresistenter Formen hingewiesen. Der wesentliche Einfluß, der den Wurzeleigenschaften im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit der betreffenden Pflanzen zukommt, dürfte allgemeine Anerkennung gefunden haben. Nur vereinzelt finden sich Autoren mit gegenteiliger Ansicht, so z. B. KRASSOWAKAJA (14), der die Variabilität des Wurzelsystems unserer Kulturpflanzen für gering hält und den Wurzeleigenschaften nur einen unerheblichen Einfluß auf die unterschiedliche Leistungsfähigkeit unserer Kulturpflanzen zubilligen möchte. Allerdings sind bisher systematische Züchtarbeiten unter Berücksichtigung von Wurzeleigenschaften nur selten durchgeführt worden (z. B. von SPRAGUE (20) an Luzerne, JEAN (10) an Erbsen). Diese Vernachlässigung von Wurzeleigenschaften bei der züchterischen Bearbeitung unserer Kulturpflanzen kann sicherlich in der starken Modifizierbarkeit der Wurzeleigenschaften gesehen werden, sowie in den technischen Schwierigkeiten, die einer Beobachtung und Beurteilung des Wurzelsystems entgegenstehen.

In der vorliegenden Arbeit wird von Untersuchungen über die Variationsbreite im Bau des Wurzelsystems von Rebensämlingen berichtet, sowie über Beziehungen, die zwischen den untersuchten Wurzeleigenschaften und der Dürrereaktion der betreffenden Sämlinge nachgewiesen werden konnten. Die Untersuchungen wurden dadurch veranlaßt, daß Rebenunterlagssorten, die im Hinblick auf ihre Reblausresistenz im europäischen Weinbau Verwendung finden, sehr ungünstige Adaptionseigenschaften aufweisen. Als einer der hervorstechenden Mängel ist hierbei insbesondere die erhebliche Dürreempfindlichkeit der Unterlagen zu nennen (vgl. DECKER (2), HUSFELD u. SCHERZ (9), SEELIGER (19), JUNG (11), ZIMMERMANN (26), ZWEIGELT (28), SIEGEL (19) u. v. a.). Um diese Empfindlichkeit gegen Trockenheit zu kennzeichnen, kann eine Zusammenstellung von GRIMALDI (7) angeführt werden, nach der sich die Trockenheitswiderstandsfähigkeit verschiedener Unterlagssorten im Vergleich zu *Vitis-vinifera*-Varietäten (höchste Trockenresistenz = 10) folgendermaßen verhält:

Tabelle 1

Dürresistenz verschiedener Rebenunterlagssorten im Vergleich zu
Europäersorten [nach GRIMALDI (7)]

Vinifera Varietäten	= 10
3309 (Rip. x Rup.)	= 7-9
Rup. du Lot	= 6-8
Rip. Gloire de Montpellier	= 4

Die Werte von GRIMALDI (7) dürften sich allerdings nur auf die Pfropfreben beziehen und nicht auf die Dürresistenz der unveredelten Unterlagssorten.

Züchterisch gesehen handelt es sich bei den meisten gebräuchlichen Unterlagen um Sämlinge von Wildarten bzw. von interspezifischen Kreuzungen, die ebenfalls nahezu ausschließlich unter Verwendung von Wildarten hergestellt wurden. Das Versagen unserer gebräuchlichen Rebenunterlagen dürfte ohne weiteres auf die ökologischen Eigenschaften der Wildarten zurückzuführen sein, die in ihren Herkunftsgebieten Umweltverhältnissen ausgesetzt sind, die sich sehr erheblich von denen der europäischen Weinbaugebiete unterscheiden.

Es erschien aussichtsreich bei der Züchtung von dürreresistenten Unterlagssorten, das Wurzelsystem in die Untersuchungen einzubeziehen, da erhebliche Unterschiede in der Bewurzelung zwischen *Vitis-Species* bekannt sind [GOETHE (4)]. Das gleiche gilt, wie aus Untersuchungen von ZIMMERMANN (27) hervorgeht, auch für Rebensämlinge. ZIMMERMANN findet z. B. alle Übergänge von „Tiefwurzlern“ bis zu „Flachwurzlern“, deren Wurzelmasse lediglich die oberen Bodenschichten durchzieht. In unseren Untersuchungen konnte diese Variabilität bestätigt werden und in allen Kreuzungen, die geprüft wurden, traten deutlich zu charakterisierende Wurzeltypen auf.

Im wesentlichen lassen sich die in den Sämlingspopulationen gefundenen Wurzeltypen zwischen den Extremen eines „**extensiven**“ bzw. „**intensiven**“ Wurzeltyps klassifizieren. Während sich der extensive Typ, wie er z. B. von STOCKER (21), WALTER (23), ZEBE (25), WEAVER (24), FRISCHENSCHLAGER (3) beschrieben wird, durch unverzweigte Hauptwurzeln von großer Länge auszeichnet, was zu einer weiträumigen Durchwurzelung mit relativ kleinem Wurzelanteil je Bodenvolumen führt, weist der intensive Typ mit starker Wurzelverzweigung eine relativ große Wurzelmasse je Bodenvolumen auf, wobei aber nur ein verhältnismäßig kleiner Bodenraum durchwurzelt wird. Man kann annehmen, daß die Wurzeln des extensiven Typs bei entsprechenden Standortverhältnissen auch große Tiefen und damit eventuell wasserführende Schichten erreichen können. Die Bedeutung des extensiven Wurzelsystems für den Wasserhaushalt der betreffenden Pflanzen scheint darin zu liegen, daß mit der größeren Reichweite des Wurzelsystems auch eine entsprechend weiträumige Verlagerung der Absorptionszentren einhergeht, wodurch bei dem geringen Wassernachleitvermögen des Bodens wahrscheinlich die Nutzbarmachung einer relativ größeren Menge Bodenwassers ermöglicht wird, als im Falle der intensiven Durchwurzelung eines kleinen Bodenvolumens. Im Rahmen dieser Arbeit war zu prüfen, welcher Bewurzelungstyp bei Reben sich hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen Bodentrockenheit als überlegen erweist.

Neben den Untersuchungen des Wurzeltyps wurde auch die Bewurzelungsfähigkeit der Stecklinge geprüft. Zum Vergleich kam hierbei die nach einer bestimmten Zeit gebildete Wurzelmasse. Auch dieses Merkmal wurde in Relation zum Dürreverhalten der betreffenden Sorten gesetzt.

Die Untersuchungen am Wurzelsystem bei Reben wurden dadurch ermöglicht, daß in dem extrem trockenen Jahr 1952 an Sämlingen interspezifischer Kreuzungen Freilandbonitierungen bezüglich ihres Dürreverhaltens durchgeführt werden konnten. So stand für spätere experimentelle Untersuchungen ein umfangreiches Material mit bekannter Dürrereaktion zur Verfügung. Das Jahr 1952 war für eine Überprüfung des Dürreverhaltens insofern besonders günstig, als auf ein Frühjahr mit reichlicher Wasserversorgung ein sehr trockener Sommer folgte und damit die Rebensorten einer besonders starken Belastung unterworfen wurden (Tabelle 2). Diese Verhältnisse gestatteten eine scharfe Beurteilung des Dürreverhaltens der Sorten.

Tabelle 2

Niederschläge und Differenz zum langjährigen Mittel 1952

Monat	Niederschlag in mm	Differenz zum langjährigen Mittel
Januar	82	+ 29
Februar	75	+ 33
März	89	+ 42
April	43	- 11
Mai	13	- 37
Juni	35	- 21
Juli	4	- 62
August	41	- 30
September	91	+ 25
Oktober	113	+ 53
November	112	+ 56
Dezember	132	+ 89

Zur Beurteilung der Trockenheitsschäden wurden die Vergilbungs- und Dürreerscheinungen, die sich an den Blättern der Pflanzen zeigten, herangezogen. Es wurden 6 Schädigungsklassen aufgestellt, wobei Klasse 1 die völlig ungeschädigten und Klasse 6 die am stärksten geschädigten Sämlinge umfaßte.

Den im Freiland gefundenen Resistenzunterschieden der Sämlinge muß besondere Bedeutung zugemessen werden, da unter experimentellen Bedingungen im Gefäßversuch — auch bei Verwendung großer Gefäße — eine natürliche Ausbreitung und Entfaltung des Wurzelsystems der Reben nicht gewährleistet ist. Eine Beurteilung des Einflusses der verschiedenen Wurzeltypen auf die Dürrereaktion der betreffenden Sorten kann bei den weitverzweigten Wurzelsystemen der Reben wohl nur auf Grund von Freilandbonitierungen erfolgen.

II. Material und Methoden

Aus dem umfangreichen auf das Dürreverhalten hin geprüften Sämlingsmaterial des Institutes wurden folgende Sämlingspopulationen zur Versuchsanstellung verwendet:

- 1.) Ob. 595 F₂
- 2.) Ob. 595 F₁ x Riesling
- 3.) G 157 x Riesling

Bei der Oberlin 595 F₂-Population handelt es sich um Selbstungen einer von Oberlin bereits vor 1900 gezüchteten Direktträgersorte, die aus einer Kreuzung *Gamay noir* x *Vitis riparia* (französische Rotweinsorte) entstanden ist [vgl. HUSFELD (8)]. In den Nachkommenschaften der Ob. 595 wird mit einem mehr oder weniger starken Einfluß der *Vitis riparia* auf die Ausbildung des Wurzeltyps bzw. die Bewurzelungsfähigkeit gerechnet werden müssen. Um hier zu untersuchen, in welchem Maße sich die Verwendung einer europäischen Sorte (Riesling) als Kreuzungspartner auswirkt, wurde auch eine Ob. 595 F₁ x Riesling-Population in die Untersuchung einbezogen. Als weiteres Material wurde die G 157 x Riesling Population herausgesucht, deren Abstammung auf die Mutterpflanze Solonis zurückgeht, die nach BÖRNER (1) aus einer Kreuzung *Vitis riparia* x *Vitis candicans* stammen soll. Diese Population erschien insofern besonders interessant, als hier eine zweimalige Kreuzung mit Riesling vorgenommen worden war und sich die Nachkommenschaft der G 157 x Riesling in den Freilandbonitierungen als besonders widerstandsfähig gegen Trockenheit herausgestellt hatte.

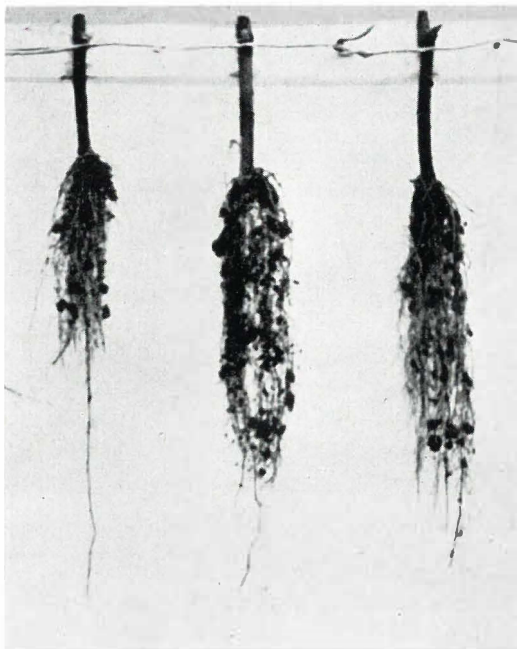


Abb. 1 Vitis-Sämling mit „intensivem“ Wurzeltyp

Auf Grund von Vorversuchen hatte sich ergeben, daß eine Beurteilung des Wurzeltyps am sichersten durch Antreiben von Zweiaugenstecklingen in einer ca. 40 bis 50 cm hohen Sandaufschüttung durchzuführen ist. Je Sorte wurden 6 Stecklinge verwendet, so daß die Modifikationsbreite bei der Beurteilung berücksichtigt werden konnte. Im großen und ganzen war die Bewurzelung der Stecklinge einer Sorte sehr einheitlich. Ungefähr 5 Wochen nach dem Austreiben der Stecklinge hatte sich das Wurzelsystem so weit ausgebildet, daß es charakteristische Unterschiede in der Bewurzelung aufwies. Längeres Wachsenlassen der Pflanzen brachte dann infolge des beschränkten Bodenvolumens ein unsicheres Bild des Wurzeltyps. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe photographischer Aufnahmen, die mit großer Sicherheit eine Beurteilung der einzelnen Wurzeltypen erlauben (Abb. 1, S. 17 u. Abb. 2). Neben den extremen Klassen „intensiv“ bzw. „extensiv“ wurden noch 3 Zwischenklassen eingeführt, so daß eine Klassifizierung von 1 = intensiv bis 5 = extensiv vorgenommen werden konnte.

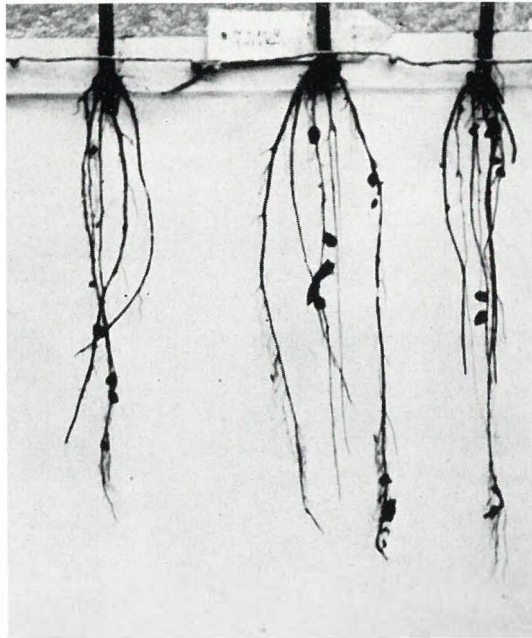


Abb. 2 Vitis-Sämling mit „extensivem“ Wurzeltyp

Die Bewurzelungsfähigkeit wurde an Zweiaugenstecklingen in Töpfen überprüft. Die Auswertung erfolgte nach dem Durchwurzeln der Töpfe. Die

Triebblängen der Sorten sind zu diesem Zeitpunkt nahezu gleich. Die Bewurzelungsstärke wurde ebenfalls mit Hilfe photographischer Aufnahmen festgehalten. Die Klassifizierung erfolgte von 1 = schwache Bewurzelung bis 5 = starke Bewurzelung.

Die Auswertung der Versuche erfolgte, indem die Sorten mit bekannter Dürrreaktion in Korrelationstabellen zusammengestellt wurden. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten wurde unter Verwendung der *B r a v a i s*-schen Formel vorgenommen. Die statistische Überprüfung der so gefundenen *r*-Werte erfolgte unter Zugrundelegung des Zufallshöchstwertes ($r = 0$, $P = 0,0027$), der aus den graphischen Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen [nach KOLLER (13)] entnommen wurde. Desgleichen wurde die Differenz der *r*-Werte verschiedener Korrelationskoeffizienten von Kreuzungspopulationen mit Hilfe der Zufallsdifferenz [nach KOLLER (13)] geprüft. Hierbei wurde ein *P*-Wert von 0,05 berücksichtigt. Ferner wurde mit Hilfe des χ^2 -Testes auf Grund der Tabellen nach PÄTAU (15) die Überprüfung des Materials vorgenommen, wobei unmittelbar die *P*-Werte angegeben werden.

III. Ergebnisse

1.) Wurzeltyp

Der extensive Wurzeltyp ist durch lange und wenig verzweigte Wurzeln gekennzeichnet (Abb. 1, S. 18). Soweit Seitenwurzeln gebildet werden, sind diese im Verhältnis zur Hauptwurzel schwach. Ein wesentliches Kennzeichen dieses extensiven Typs ist es, daß die Wurzeldicke der Hauptwurzel sich nur wenig zum Wurzelende hin verringert. Eine Auflösung in Seitenwurzeln tritt nicht ein, sondern die Hauptwurzel bleibt bis zur Spitze hin erhalten. Die Anzahl der am Steckling gebildeten Wurzeln, ein sortentypisches Merkmal, ist für den Wurzeltyp selbst nicht kennzeichnend. Ebenfalls ist die am Ansatzpunkt gemessene Wurzeldicke nicht charakteristisch für den Wurzeltyp. Der Winkel unter dem die Wurzeln am Steckling gebildet werden, ebenfalls ein sortentypisches Merkmal, hat keine Beziehungen zum Wurzeltyp.

Im Gegensatz zum extensiven Typ weist der intensive Wurzeltyp (Abb. 2, S. 19) eine außerordentlich starke Wurzelverzweigung auf. Die Hauptwurzel wird sehr bald in Nebenwurzeln aufgelöst, so daß bereits in geringer Entfernung vom Stamm die durchwurzelte Zone ihre Begrenzung findet. Dieser Typ kann sowohl mit einer starken Hauptwurzelbildung nach Zahl und Wurzeldicke, als auch mit schwacher Wurzelbildung verbunden sein.

Die hier beschriebenen Wurzeltypen lassen sich auch im Freiland, wie es z. B. beim Entfernen von Sämlingsquartieren in der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung möglich ist, nachweisen.

Es wurde hierbei eine völlige Übereinstimmung hinsichtlich der Wurzeltypenbildung im Freiland und in der Versuchsanstellung nachgewiesen.

Zur Versuchsanstellung wurden die Klassen mit den stärker geschädigten Sorten, die in der Gesamtpopulation relativ wenig Sorten umfassen, mit einer größeren Anzahl besetzt, als es der Relation der Schädigungsklassen entspricht. Dies erschien notwendig, um auch in den höheren Schädigungsklassen

Aufspaltungen in den Wurzeltypen zu erhalten. In den beiden untersuchten Kreuzungen wurden unter Zugrundelegung eines Zufallshöchstwertes ($r = 0$; $P = 0,0027$) gesicherte Korrelationskoeffizienten nachgewiesen (Tab. 3 u. 4).

Tabelle 3
Korrelation zwischen Wurzeltyp und Dürreverhalten
Material: Ob. 595 F₁ x Riesling

Schädigungsklasse		Wurzeltyp					n
		(intensiv) 1	2	3	4	(extensiv) 5	
(resistent)	1	1	1	3	5	10	20
	2	—	1	5	1	2	9
	3	2	1	6	1	—	10
	4	6	2	2	—	—	10
	5	4	3	2	—	—	9
(anfällig)	6	5	5	2	1	—	13
Summe		18	13	20	8	12	71

$r = -0,661$; Zufallshöchstwert = 0,349

Tabelle 4
Korrelationskoeffizienten (Wurzeltyp und Dürreverhalten)

Abstammung	n	r	Zufalls- höchstwert
Ob. 595 F ₁ x Riesling	71	-0,661	0,349
G 157 x Riesling	54	-0,597	0,404

Man wird auf Grund der Ergebnisse also annehmen können, daß Sorten mit einer extensiven Wurzelbildung in höherem Maße befähigt sind, Perioden trockenen Klimas zu überstehen. Für die praktische Züchtung ergibt sich aus der Größe der nachgewiesenen Korrelationen die Möglichkeit, den Wurzeltyp als Selektionsmerkmal zu verwenden und so dürreresistente Sorten in einem indirekten Ausleseverfahren zu erhalten.

Um auch einen Überblick hinsichtlich der Beziehungen zwischen Wurzeltyp und Dürreverhalten unter Berücksichtigung der in der Freilandbonitierungen gefundenen Verteilungen der Sorten aus den einzelnen Schädigungsklassen zu erhalten (Tabelle 5, Seite 21), wurden die Korrelationstabellen entsprechend umgerechnet.

Tabelle 5

Verteilung der Sorten hinsichtlich ihres Dürreverhaltens in Prozenten
(Freilandbonitierungen)

Abstammung	Schädigungsklasse						
	(resistent) 1	2	3	4	5	(anfällig) 6	
G 157 x Riesling	53,8	27,1	13,8	4,5	0,4	0,4	100
Ob. 595 F ₁ x Riesling	50,1	16,4	17,5	11,3	3,7	1,0	100
Ob. 595 F ₂	41,4	14,5	30,0	9,1	1,0	4,0	100

Mit der Umrechnung des Materials ist insofern ein gewisser Fehler verbunden, als nicht geprüft werden kann, inwieweit bei der Auswahl der Sorten zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten in den einzelnen Schädigungsklassen hinsichtlich des Wurzeltyps eine dem Gesamtmaterial entsprechende Verteilung erfaßt wurde. Dieser Fehler dürfte sich aber zwischen den Schädigungsklassen weitgehend ausgleichen und daher nur geringfügig sein.

Nach Umrechnung sind für das untersuchte Material ebenfalls gesicherte Korrelationskoeffizienten nachzuweisen (Tab. 6 und 7, Seite 22).

Tabelle 6

Korrelation zwischen Wurzeltyp und Dürreverhalten

(auf die in Tabelle 5 wiedergegebene Verteilung der Sorten umgerechnet)

Material: Ob. 595 F₁ x Riesling

Schädigungsklasse		Wurzeltyp					n
		(intensiv) 1	2	3	4	(extensiv) 5	
(resistent)	1	1,8	1,8	5,3	8,9	17,8	35,6
	2	—	1,3	6,5	1,3	2,6	11,7
	3	2,5	1,2	7,5	1,2	—	12,4
	4	4,8	1,6	1,6	—	—	8,0
	5	1,2	0,9	0,6	—	—	2,7
(anfällig)	6	0,3	0,3	0,1	0,1	—	0,8
Summe		10,6	7,1	21,6	11,5	20,4	71,2

$r = -0,646$; Zufallshöchstwert = 0,351

Tabelle 7

Korrelationskoeffizienten (Wurzeltyp und Dürreverhalten)

Abstammung	n	r	Zufalls- höchstwert	z	Zufalls- differenz P = 0,05
Ob. 595 F ₁ x Riesling	71,2	-0,646	0,351	0,530	
G 157 x Riesling	53,1	-0,485	0,404	0,768	
Differenz				0,238	0,359

Bezüglich der Stärke der Korrelationen läßt sich für die beiden Kreuzungen kein spezifischer Wert nachweisen. Die Zufallsdifferenz ist auch bei einem P-Wert von 0,05 größer als die zwischen den Korrelationskoeffizienten gefundene Differenz (Tabelle 7).

Überprüft man das Material im Hinblick auf die Verteilung der Wurzeltypen in den beiden zur Versuchsanstellung zur Verfügung stehenden Kreuzungen (Tabelle 8), so kann unter Berücksichtigung des P-Wertes von 0,03 angenommen werden, daß in den beiden Kreuzungen die Wurzeltypen mit einer unterschiedlichen Häufigkeit vertreten sind. Es scheint so zu sein, daß in der Kreuzung G 157 x Riesling die intensiven Wurzeltypen erheblich seltener sind.

Tabelle 8

Verteilung des Wurzeltyps in interspezifischen Kreuzungen in Prozent

Abstammung	Wurzeltyp					n
	(intensiv) 1	2	3	4	(extensiv) 5	
Ob. 595 F ₁ x Riesling	10,6	7,1	21,6	11,5	20,4	71,2
G 157 x Riesling	1,4	4,9	16,0	15,4	15,4	53,1

$$\chi^2 = 10,76; P = 0,03$$

Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die beiden Extremgruppen, intensiver bzw. extensiver Wurzeltyp, Neukombinationen darstellen. Die *vinifera*-Sorte Riesling sowie die Zuchtsorte G 157 wurden im Versuch in die Klasse 4 eingestuft, während *Vitis riparia* und auch die Sorte Ob. 595 in der Klassifizierung bei 2 und 3 liegen. Diese Feststellungen stimmen auch mit den Angaben von GOETHE (4) überein, der an Rebstöcken von *Vitis vinifera* und *Riparia* Untersuchungen hinsichtlich ihres Wurzelsystems durchführte und zu der Folgerung gelangte, daß die Wurzeln amerikanischer Rebsorten (*V. riparia*) wesentlich verzweigter sind als die europäischen Sorten (*V. vinifera*). Auch für die Selbstungsnachkommen der Ob. 595, soweit sie zur Versuchsanstellung zur Verfügung standen, konnte im wesentlichen der Wurzeltyp 2 und 3 nachgewiesen werden. Man wird aus diesen Untersuchungen schließen dürfen, daß der für dürre resistente Unterlagssorten wertvolle extensive Wurzeltyp vermehrt in interspezifischen Kreuzungen unter Verwendung von *Vitis vinifera* auftritt.

In den Untersuchungen hatte sich außerdem ergeben, daß der Wurzeltyp in Abhängigkeit von den Umweltverhältnissen nur geringfügig modifizierbar ist. Wenn auch umfangreichere Untersuchungen hierüber nicht durchgeführt werden konnten, so war doch allgemein eine Abhängigkeit von der Bodenstruktur festzustellen, in der Weise, daß in luftarmen, dichten Böden die Seitenwurzelbildung stärker angeregt wird, als in leichten Böden. In jedem Falle ließ sich aber der Wurzeltyp innerhalb des geprüften Materials nachweisen. Der hier erwähnte Einfluß der Bodenstruktur auf die Wurzelverzweigung wird auch von anderen Autoren im gleichen Sinne beschrieben. So weisen z. B. ROGERS und VYVYAN (16) bei Apfelunterlagen und FRISCHENSCHLAGER (3) bei verschiedenen Obstsorten auf das Auftreten stärkerer Wurzelverzweigung bei dichteren Bodenstrukturen hin.

In weiteren Untersuchungen sollte nachgewiesen werden, inwieweit dem zwischen dem Dürreverhalten und dem Wurzeltyp berechneten Korrelationskoeffizienten auch eine ursächliche Bedeutung zukommt. Zu diesem Zweck wurden 2 Gruppen von Sorten zusammengestellt:

- 1.) Dürre resistente mit extensivem Wurzelsystem
- 2.) Hochanfällige mit intensivem Wurzelsystem

Je Sorte kamen 6 Stecklinge zur Verwendung. Die Sorten wurden in Töpfen angezogen und bis zur guten Durchwurzelung des Topfes kultiviert. Danach wurden die Pflanzen durch mehrmaliges Trockenstellen abgehärtet und schließlich durch ein gänzlich einstellen der Wasserversorgung zum Welken gebracht. Der Zeitpunkt des irreversiblen Welkens wurde dann festgestellt. Die Welkezeit der Stecklinge innerhalb einer Sorte schwankte nur geringfügig. Sämtliche Sorten welkten innerhalb einer Spanne von 10 Tagen. Wie die Zusammenstellung in Tabelle 9 zeigt, kann hinsichtlich der Welketermine kaum ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden. Auch die statistische Überprüfung der beiden Versuchsgruppen bestätigt dies ($P = 0,42$).

Tabelle 9

Welketermine von anfälligen und resistenten Sorten in Topfkultur

	Welketermin in Tagen										n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.) anfällig (intensiver Typ)	1	1	1	2	3	3	2	2	1	2	18
2.) resistent (extensiver Typ)	2	1	0	0	1	5	1	3	1	1	15

$$\chi^2 = 9,20; P = 0,42$$

Da in den beiden Gruppen Sorten gegenüber gestellt wurden, die als dürreresistente Typen im Freiland völlig ohne Schädigung verblieben waren, bzw. anfällige Typen, deren Schädigung durch Trockenheit zu einem völligen

Vergilben und Verdorren des Laubs geführt hatte, so kann man aus dem Verhalten der Pflanzen in der Topfkultur schließen, daß die unterschiedliche Dürre-resistenz der Sorten im Freiland wahrscheinlich auf spezifischen Eigenschaften des Wurzelsystems beruht, die unter den Bedingungen der Topfkultur nicht zur Auswirkung kommen können.

Die Selektionen auf Grund der Beobachtungen am Wurzelsystem sind relativ umständlich und es wurde daher nach Beziehungen gesucht, die ohne großen Arbeitsaufwand eine Vorselektion gestatten würden. Es lag hierbei nahe, die Wurzelverzweigung mit der Triebverzweigung (Geiztrieb-bildung) in Beziehung zu setzen. Die nachstehende Korrelationstabelle gibt die gefundenen Ergebnisse wieder.

Tabelle 10
Korrelationstabelle für Geiztrieb-bildung und Wurzelverzweigung
Material: Sämlinge interspezifischer Kreuzungen

Geiztrieb-bildung		Wurzeltyp					n
		(intensiv) 1	2	3	4	(extensiv) 5	
(schwach)	1	—	16	34	13	4	67
	2	2	18	21	—	—	41
	3	4	25	10	—	—	39
	4	10	23	—	—	—	33
(stark)	5	7	8	—	—	—	15
							195

$r = -0,706$; Zufallshöchstwert 0,210

Der Korrelationskoeffizient von $-0,706$ bei einem Zufallshöchstwert von 0,210 deutet auf eine gesicherte Beziehung zwischen Wurzelverzweigung und Triebverzweigung hin. Ähnliche Beziehungen zwischen Sproß- und Wurzelverzweigung werden auch für andere Kulturpflanzen, z. B. von RUDORF (17) an Luzerne nachgewiesen und von FRISCHENSCHLAGER (3) bei Obstbäumen. Eine Auslese nach geringer Triebverzweigung erscheint daher in der praktischen Züchtung durchaus möglich. Da außerdem geringe Geiztrieb-bildung auch im Hinblick auf die Laubarbeiten in Unterlagsmuttergärten erwünscht ist, würde eine derartige Selektionsarbeit sich sehr vorteilhaft auswirken.

2.) Bewurzelungsfähigkeit

In weiteren Untersuchungen wurde die Bewurzelungsfähigkeit der Stecklinge und ihre Beziehung zum Dürreverhalten geprüft. Die Wurzelmasse, die nach einer gewissen Wachstumszeit am Steckling gebildet worden war, wurde an Hand photographischer Aufnahmen geschätzt und die Bewurzelungsfähigkeit danach in 5 Klassen eingeteilt. Man kann annehmen, daß bei der hier

durchgeführten Versuchsanstellung in den Ergebnissen auch eine sortenspezifische Bewurzelungsschnelligkeit zum Ausdruck kommt. Die Bewurzelung der Stecklinge innerhalb einer Sorte ergibt ein sehr einheitliches Bild (Abb. 3 u. 4).

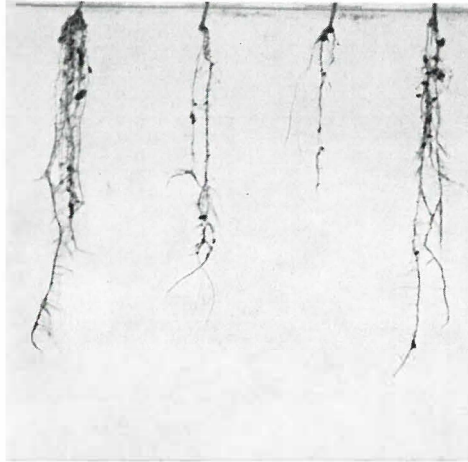


Abb. 3 Vitis-Sämling mit schwacher Stecklingsbewurzelung

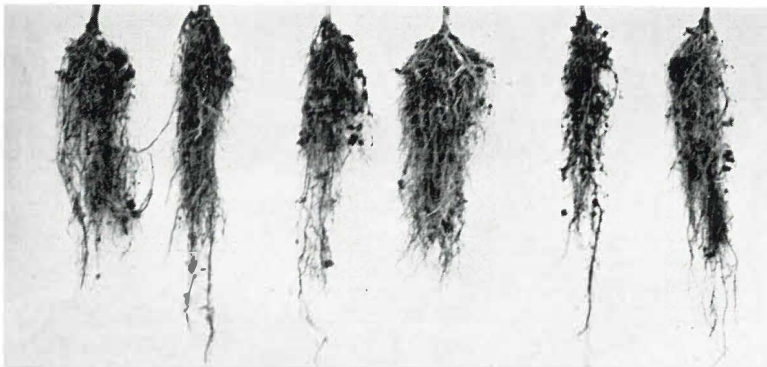


Abb. 4 Vitis-Sämling mit starker Stecklingsbewurzelung

Auch hier wurden zum Nachweis der Korrelation die Schädigungsklassen (Dürreverhalten) nicht nach den im Freiland für die einzelnen Kreuzungen gefundenen Spaltungsrelationen besetzt, sondern die höheren Schädigungsklassen mit relativ mehr Sorten. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 11 und 12, Seite 26, wiedergegeben.

Tabelle 11

Beziehungen zwischen dem Dürreverhalten der Sorten im Freiland
und der Bewurzelungsstärke der Stecklinge

(Material: G 157 x Riesling)

Schädigungsklasse	Bewurzelungsstärke					n
	(schwach) 1	2	3	4	(stark) 5	
(resistent) 1	–	–	–	8	4	12
2	–	–	2	3	1	6
3	–	–	3	12	–	15
4	–	2	12	1	–	15
5	1	6	2	–	–	9
(anfällig) 6	3	4	–	–	–	7
Summe	4	12	19	24	5	64

$r = -0,854$; Zufallshöchstwert 0,370

Die Ergebnisse für die weiteren untersuchten Kreuzungen sind in der folgenden Übersicht (Tabelle 12) enthalten:

Tabelle 12

Korrelationskoeffizienten für Dürreverhalten und Bewurzelungsstärke bei
verschiedenen Populationen

Abstammung	n	r	Zufallshöchstwert ($P = 0,0027$)
Ob. 595 F_2	168	– 0,729	0,231
Ob. 595 F_1 x Riesling	114	– 0,705	0,238
G 157 x Riesling	64	– 0,854	0,369

Auch hier wurden die Korrelationstabellen nach den im Freiland für die Schädigungsklassen gefundenen Spaltungszahlen (Tab.5, S.21) umgerechnet. Die Ergebnisse dürften dann wohl annähernd auch die Verteilung der Sorten in den Kreuzungen hinsichtlich der Bewurzelungsstärke wiedergeben (Tabelle 13 und 14, Seite 27).

Tabelle 13

Beziehungen zwischen dem Dürreverhalten der Sorten im Freiland und der Bewurzelungsstärke der Stecklinge

Material: G 157 x Riesling

Schädigungsklasse	Bewurzelungsstärke					n
	(schwach) 1	2	3	4	(stark) 5	
(resistent) 1	–	–	–	23,0	11,5	34,5
2	–	–	5,8	8,7	3,0	17,5
3	–	–	1,8	7,0	–	8,8
4	–	0,4	2,3	0,2	–	2,9
5	–	0,2	0,1	–	–	0,3
(anfällig) 6	0,1	0,1	–	–	–	0,2
Summe	0,1	0,7	10,0	38,9	14,5	64,2

$r = -0,694$; Zufallshöchstwert 0,369

Die Ergebnisse für die weiter untersuchten Populationen sind in folgender Übersicht enthalten:

Tabelle 14

Abstammung	r	Zufalls- höchstwert	n	z	Zufalls- differenz P = 0,05
Ob. 595 F ₂	-0,604	0,230	166,4	0,590	
Ob. 595 F ₁ x Riesling	-0,658	0,265	123,7	0,790	
G 157 x Riesling	-0,694	0,369	64,2	–	
Differenz				0,200	0,239

In allen untersuchten Kreuzungen sind unter Berücksichtigung des Zufallshöchstwertes ($P = 0,0027$) gesicherte Korrelationskoeffizienten nachzuweisen.

Hinsichtlich der Stärke der Beziehungen läßt sich zwischen den Korrelationskoeffizienten der untersuchten Kreuzungen kein signifikanter Unterschied nachweisen.

Auch hier liegen die Verhältnisse so, daß die Extremgruppen Neukombinationen darstellen, die im Ausgangsmaterial nicht auftreten. Die Bewurzelungsfähigkeit für *Vitis riparia* und Ob. 595 liegt bei dem Wert 3. Die Bewurzelungsfähigkeit von Riesling und auch G 157 liegt bei dem Wert 4.

Wird das vorstehende Material in den einzelnen Bewurzelungsklassen zusammengefaßt (Tabelle 15), so läßt sich hieraus entnehmen, daß die Variabilität in der Ob. 595 F_2 -Nachkommenschaft im Verhältnis zu den beiden anderen Populationen sehr gering ist. Die meisten Sorten sind auf die Klassen 2 und 3 verteilt, während insbesondere die Klassen 1 und 5 nur gering besetzt gefunden werden.

Tabelle 15

Aufspaltungen der Bewurzelungsfähigkeit
(Klasse 1 = schwache Bewurzelung — Klasse 5 = starke Bewurzelung)

Abstammung	Bewurzelungsstärke					n
	1	2	3	4	5	
1.) Ob. 595 F_2	2,4	44,3	98,3	20,7	0,7	166,4
2.) Ob. 595 F_1 x Riesling	5,6	22,9	24,8	57,8	12,8	123,7
3.) G 157 x Riesling	0,1	0,7	10,0	38,9	14,5	64,2

	χ^2	P = Wert
3.) zu 2.)	17,51	0,0017
2.) zu 3.)	rd. 170	10^{-10}
3.) zu 1.)	rd. 830	10^{-10}

Die Verteilung der Sorten bezüglich ihrer Bewurzelungsfähigkeit in den untersuchten Populationen ist recht unterschiedlich. Die Ob. 595 F_2 -Nachkommenschaft zeigt bei einer statistischen Überprüfung des Materials in Beziehung zur G 157 x Riesling bzw. Ob. 595 F_1 x Riesling Nachkommenschaft für den Fall der Homogenität nur einen P-Wert von 10^{-10} . Vergleicht man dagegen die beiden Kreuzungen, die unter Verwendung der *Vinifera*-Sorte Riesling gezüchtet wurden, so differiert trotz der unterschiedlichen Mutterpflanzen (Ob. 595 F_1 , bzw. G 157) die Verteilung in den Bewurzelungsklassen anscheinend weniger stark. Allerdings ergibt sich auch hier ein P-Wert von 0,0017, der auf signifikante Unterschiede des Materials hinweist. Man wird also auch hinsichtlich der Bewurzelungsfähigkeit damit rechnen können daß durch die Auswahl geeigneter Kreuzungseltern der Anteil der gewünschten Typen in den Nachkommenschaften erhöht wird. Die Versuchsergebnisse sprechen dafür, daß mit der Verwendung europäischer Sorten in den Züchtkreuzungen eine Leistungssteigerung hinsichtlich der Bewurzelungsfähigkeit verbunden ist.

IV. Diskussion

Die Aufnahme des Bodenwassers über das Wurzelsystem der Pflanzen kann, wie z.B. Untersuchungen von GRADMANN (5) eindeutig gezeigt haben, durch eine Erhöhung der Wurzelsaugkraft nicht wesentlich verbessert werden.

Interessant sind in diesem Zusammenhange experimentelle Ergebnisse von KAUSCH (12), der nachweisen konnte, „daß die Nachleitung für die pflanzliche Wasserversorgung der im allgemeinen entscheidend begrenzende Faktor ist“. Wenn daher Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Pflanzen hinsichtlich der Wasseraufnahme aus dem Boden eine Erklärung finden sollten, so muß wohl in erster Linie an habituelle Unterschiede in den Wurzelsystemen gedacht werden. Die Untersuchungen von KAUSCH zeigen nun, daß unter trocken-kulturellen Bedingungen eine Förderung des Längenwachstums der Wurzel erfolgt, während bei höheren Feuchtigkeiten eine gesteigerte Seitenwurzelbildung nachzuweisen ist. Legt man diese experimentell gefundenen Ergebnisse bei der Aufstellung eines Zuchtzieles, das zumindest einen Teilkomplex der Dürre-resistenz erfassen soll — die Züchtung trockenheitsresistenter Wurzelsysteme — zu Grunde, so dürften in erster Linie diejenigen Wurzeltypen für die Selektion wertvoll sein, die auf Grund ihrer Struktur die Weiträumigkeit der Durchwurzelung des Bodens fördern. Für diesen Typ werden z.B. von STOCKER (21) Wurzelsysteme von Wüstenpflanzen beschrieben, die weiträumig den Boden durchwurzeln und so eine laufende Verlagerung der Absorptionszentren gestatten. Die große Variationsbreite im Bau des Wurzelsystems bei Reben gestattete eine Überprüfung der Frage, inwieweit der Wurzeltyp einen Einfluß auf die Trockenheitswiderstandsfähigkeit der betreffenden Pflanze hat. Wie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, kann der extensive Typ, also die weiträumige Durchwurzelung, für die Wasseraufnahme unter trockenen Bedingungen als überlegen angesehen werden. Es ist damit eine interessante Bestätigung dafür gefunden worden, daß der nach KAUSCH (12) modifikativen Änderung der Bewurzelung in Abhängigkeit von der Wasserversorgung eine genetisch bedingte gleichsinnig sich verhaltende Variabilität in den Sämlingspopulationen von *Vitis* entspricht.

Auch von TOLLENAAR (22) für Tabaksorten und von FRISCHENSCHLAGER (3) für verschiedene Obstarten, werden verschiedene Wurzeltypen beschrieben, und die Vermutung geäußert, daß die extensiven Wurzeltypen eine Ursache für die höhere Trockenheitswiderstandsfähigkeit der betreffenden Sorten bzw. Arten darstellen.

Für die Unterlagenzüchtung müssen diese Ergebnisse, also der Einfluß habitueller Bewurzelungsunterschiede auf die Trockenheitswiderstandsfähigkeit der Sämlinge besonders wertvoll sein, da es sich hierbei um Eigenschaften handelt, die nicht in einer physiologischen Korrelation zur Affinität von Unterlage und Edelreis stehen. Für die Bearbeitung des Affinitätsproblems kann daher erwartet werden, daß die Variationsbreite bei Vitissämlingen noch voll zur Verfügung steht.

Für die Züchtung dürreresistenter Unterlagssorten galt es ferner zu prüfen, inwieweit in bestimmten Kreuzungen derartige Typen auftreten, bzw. in welchen Nachkommenschaften vermehrt der extensive Wurzeltyp gefunden wird. Die Untersuchungen haben nun ergeben, daß es sich bei den extremen extensiven Wurzeltypen um Neukombinationen handelt, die insbesondere bei der Verwendung der *Vinifera*-Sorten als Kreuzungseltern gefunden werden. Weitere Einkreuzungen mit *Vinifera*-Sorten führen zu einer Steigerung des Anteils extensiver Wurzeltypen in den Nachkommenschaften.

Soweit bisher übersehen werden kann, ist die Beziehung Dürreresistenz und Wurzeltyp in den meisten Kreuzungspopulationen gegeben. Man wird daher bezüglich der Trockenheitsresistenz nach den Wurzeltypen auslesen können.

Die Bewurzelungsfähigkeit bzw. -schnelligkeit von Stecklingen, die ebenfalls im Hinblick auf ihre Beziehung zur Dürreresistenz geprüft wurde, läßt vermuten, daß die Bewurzelungsfähigkeit auch den Verhältnissen an ausgewachsenen Pflanzen entspricht und es sich bei Sorten mit großer Bewurzelungsfähigkeit um Formen handelt, die gegenüber dem Triebwachstum ein besonders starkes Wurzelwachstum aufweisen oder aber bei Trockenheit in der Lage sind, die Wurzelbildung zu verstärken und damit die absorbierende Oberfläche zu vergrößern.

Auch unter Berücksichtigung der Bewurzelungsfähigkeit gilt für die Züchtung dürreresistenter Sorten, daß die Einkreuzung einer *Vinifera*-Sorte, insbesondere Riesling, die Leistungshöhe in den Nachkommenschaften erheblich verbessert. Ergänzend muß hierzu mitgeteilt werden, daß bei der Überprüfung weiterer Kreuzungen nicht in allen Fällen eine Korrelation zwischen Bewurzelungsfähigkeit und Dürreresistenz gefunden wurde. Dies gilt z.B. für Kreuzungen mit der *Vinifera*-Sorte Sylvaner. Man wird daher die Bedeutung des Selektionsmerkmals Bewurzelungsfähigkeit für jede Kombination prüfen müssen, ehe man es in eine systematische Arbeit einbezieht.

V. Zusammenfassung

- 1.) In den Nachkommenschaften interspezifischer Kreuzungen wurde eine große Variationsbreite hinsichtlich der Bewurzelung gefunden. Es ließen sich 2 extreme Typen, extensiver Wurzeltyp mit weiträumiger Durchwurzelung und geringer Wurzelmasse je Bodenvolumen und intensiver Wurzeltyp mit geringer Reichweite der Wurzeln, aber hohem Wurzelanteil je Bodenvolumen nachweisen.
- 2.) Der extensive Wurzeltyp ist hinsichtlich der Wasseraufnahmefähigkeit unter Trockenheitsbedingungen dem intensiven Wurzeltyp überlegen. In Topfkulturen kann sich dagegen diese spezifische Fähigkeit des Wurzeltyps nicht auswirken und im Freiland als dürreresistent bekannte Sorten können hier versagen.
- 3.) Die extremen Wurzeltypen sind Neukombinationen, die insbesondere bei interspezifischen Kreuzungen unter Verwendung der *Vinifera*-Sorte Riesling gefunden werden.
- 4.) Es bestehen außerdem Beziehungen zwischen der Bewurzelungsfähigkeit der Stecklinge und der Dürreresistenz. Starke Bewurzelung ist korreliert mit Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit. Diese Beziehungen sind nicht in allen Kreuzungskombinationen nachweisbar. Auch das Auftreten von Sorten mit guter Bewurzelungsfähigkeit läßt sich vermehrt in Kreuzungen mit *Vinifera*-Sorten nachweisen.

Literaturverzeichnis

1. BÖRNER, C. Beiträge zur Züchtung reblaus- und mehlaufester Reben. Mitteilungen aus der biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtschaft, Heft 49 (1934).
2. DECKER. Wasserbedarf und Pfropfrebenbau. Die Pfropfrebe (Beilage zu „Der deutsche Weinbau“). S. 231 (1954).
3. FRISCHENSCHLAGER. Wurzeluntersuchungen bei Apfel, Birne, Zwetschge, Kirsche und Walnuß. Gartenbauwiss. 9, 270 (1935).
4. GOETHE, R. Berichte der kgl. Lehranstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau zu Geisenheim a. Rh., S. 50/96 (1895).
5. GRADMANN, H. Untersuchungen über die Wasserverhältnisse des Bodens als Grundlage des Pflanzenwachstums I., Jahrb. wiss. Bot. 69, 1 (1928).
6. GRADMANN, H. Untersuchungen über die Wasserverhältnisse des Bodens als Grundlage des Pflanzenwachstums II., Jahrb. wiss. Bot. 71, 669 (1929).
7. GRIMALDI. Zitiert nach SEELIGER (18).
8. HUSFELD, B. Über die Züchtung plasmopara-widerstandsfähiger Reben. Gartenbauwiss. 7, 15 (1932).
9. HUSFELD, B. und SCHERZ, W. Neuaufbau der Reben, Unterlagenzüchtung. Züchter 6, 280 (1934).
10. JEAN. Zitiert: Handb. der Pflanzenzüchtung, RÖMER und RUDORF, 3, Parey, Berlin, 1934.
11. JUNG. Pfropfrebe und Trockenschäden, „Der deutsche Weinbau“ 1954, S. 122.
12. KAUSCH, W. Saugkraft und Wassernachleitung im Boden als physiologische Faktoren. Planta 45, 217 (1955).
13. KOLLER, S. Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Dresden 1943.
14. KRASSOWSKAJA, I. W. Die physiologischen Grundlagen der Züchtung und die Methode der Abschätzung auf Dürrefestigkeit. Aus VAVILOV: Theoretische Grundlagen der Pflanzenzüchtung, 1, Kpt. 22.
15. PÄTAU, K. Eine neue χ^2 -Tafel. Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre, 80, 558 (1942).
16. ROGERS, W. S. and VIVYAN, M. C. Root studies. V. Rootstock and soil effect on apple root systems. J. of Pomol. 12, 110-150, 1934.
17. RUDORF, W. Aus Hb. für Pflanzenzüchtung RÖMER und RUDORF, 3, Parey, Berlin, 1943.
18. SEELIGER, R. Der neue Weinbau. Parey, Berlin, 1933.
19. SIEGEL. Wasserbedarf von Pfropfrebenanbau. Die Propfrebe (Beilage „Der deutsche Weinbau“). S. 175 (1954).
20. SPRAGUE. Zitiert nach RUDORF (17).
21. STOCKER, O. Der Wasserhaushalt ägyptischer Wüsten- und Salzpflanzen. Botanische Abhandlung, 2, 1928-30).
22. TOLLENAAR, D. Onderzoekingen over de ontwikkeling van het wortelstelsel van Tabak Proefst. voor Vorstenlandsche Tabak. Mededel, 65 (1927).
23. WALTER, H. Grasland, Savanne und Busch der arideren Teile Afrikas in ihrer ökologischen Bedingtheit. Jb. Bot. 87, 750-860 (1939).
24. WEAVER, J. E. Root development in the grassland formation. Carnegie Institution of Washington, 1920.
25. ZEBE, E. Über die Bewurzelung von Sandpflanzen. Natur und Volk, 82, 26 (1952).
26. ZIMMERMANN. Warum befriedigen die Unterlagen nicht? Deutscher Weinbaukalender 1955, S. 51, Waldkircher Verlagsgemeinschaft, Waldkirch i. Br.
27. ZIMMERMANN. Entwicklung, Histologie und Wasserhaushalt des Blattes in Beziehung zur Ökologie der Rebe (Gattung Vitis). Mitteilungen Klosterneuburg, 5, 70 (1955).
28. ZWEIFELT. Die Direktträgerfrage und der europäische Weinbau. Naturwissenschaftliche Rundschau, 6, 193-196 (1953).
29. ZWEIFELT. Die Schweiz im Lichte der Direktträgerfrage. Das Weinland, Nr. 8, 14, 75 (1942).