

## Der Anbau des Kümmels in den Niederlanden.

Eine zusammenfassende Darstellung über die Kümmelpflanze, ihre Kultur und ihre wirtschaftliche Bedeutung.

Von M. A. J. Goedewaagen,

Botaniker an der landw. Versuchsstation Groningen (Holland).

### Einleitung.

Die Kümmelpflanze, *Carum Carvi* L., und deren Früchte werden in Deutschland auch als Wiesenkümmel, Kramkümmel, Karve oder Garbe bezeichnet. In Frankreich heißt die Pflanze „carvi“, in England „caraway“, in Holland „karwij“. Sie gehört zu den Umbelliferen und ist in fast ganz Europa heimisch, wo sie auf Wiesen und Weiden, auch in Gebirgen und namentlich in den Alpenländern, wildwächst. Auch in Asien ist sie vertreten. Sie kommt in ganz Sibirien vor und ist auch in Britisch-Indien im Distrikt Garhwal in einer Höhe von etwa 3000 m gefunden worden (12)<sup>1)</sup>. In Amerika soll die Kümmelpflanze nicht einheimisch, sondern nach Einfuhr verwildert sein (7). Die Kümmelpflanze wird in Europa wegen der aromatischen Früchte vielfach auf Feldern angebaut, besonders in den Niederlanden, die den besten Kümmel liefern (18). Guten Kümmel liefern auch Skandinavien, Finnland und Ostpreußen, während der sonstige norddeutsche als minderwertig zu betrachten ist (8). In diesem Artikel wird nur von dem gemeinen Kümmel, *Carum Carvi* L., die Rede sein, nicht also von denjenigen Früchten und Samen, welche zwar ebenfalls unter dem Namen „Kümmel“ verkauft werden, aber von anderen Pflanzenarten herstammen. Da Verwechslungen öfters vorkommen, dürfte hier eine kurze Erwähnung dieser kümmelähnlichen Früchte am Platze sein. Zunächst nenne ich die Früchte des römischen Kümmels, Kreuzkümmels oder Mutterkümmels, *Cuminum cuminum* L. (Umbellif.), welche durch die Behaarung und die hellere Farbe von dem gewöhnlichen Kümmel zu unterscheiden sind<sup>2)</sup>. Diese im östlichen Mittelmeergebiet heimische und besonders in Britisch-Indien vielfach kultivirte Kümmelart würde in nördlicheren Gegen- den nicht zur Reife gelangen. Ihre Früchte sind in Britisch-Indien

<sup>1)</sup> Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Ende der Arbeit.

<sup>2)</sup> Mutterkümmel nennt man in Frankreich „Fruit de cumin“, in England „cumin seed“, in Holland „komijn“. Die Früchte haben Bedeutung als Gewürz für Käse, Brot und Kuchen und als Arzneimittel bei Verdauungsschwäche und Kolik. In Holland werden sie bloß als Käsegewürz verwendet. (Leidener Käse).

als „zira“ bekannt. Mit diesem Namen werden dort auch die Früchte des daselbst wildwachsenden *Carum gracile* bezeichnet, welche große Ähnlichkeit mit dem europäischen Kümmel zeigen, sich aber von diesem durch ihren abweichenden Geruch wesentlich unterscheiden. Es findet ein lebhafter, aber auf Britisch-Indien beschränkter Handel in diesen *Carum*-Früchten statt. Nur ausnahmsweise werden die Früchte nach Europa ausgeführt, wo man ihnen oft den täuschenden Namen „Indischen Kümmel“ beilegt (12). Zuletzt sei noch die *Nigella sativa* genannt, eine im Mittelmeergebiet und im Orient einheimische Pflanzenart aus der Familie der Ranunculaceen, deren nach Kajeputöl riechende Samen unter dem Namen „Schwarzkümmel“ bekannt sind, und in jenen Gegenden oft anstatt Kümmel benutzt werden (11).

### Die morphologischen Eigenschaften der Kümmelpflanze.

#### Der Bau der Frucht.

Die Kümmelpflanze ist zweijährig, bisweilen dreijährig. Sie blüht meistens im Mai des zweiten, bzw. des dritten Jahres. Während des Fruchtansatzes fängt sie an zu vertrocknen und einzugehen. Die erwachsene Pflanze hat eine etwa 20 cm lange, fleischige, spindelförmige Pfahlwurzel. Der Stengel, der im ersten Jahre äußerst kurz bleibt und im zweiten Jahre in kurzer Zeit zu einer Länge von 30 bis 100 cm heranwächst, ist kantig gerieft und vom Grunde an ästig. Die Zahl der Seitenäste wechselt von 2 bis 24. Hauptachse und Seitenäste enden je in einer Blütendolde. Die Rosettenblätter, sowie die Stengelblätter, sind doppelt gefiedert und mit deutlicher Scheide versehen; die Stengelblätter besitzen zudem Nebenblätter und sind um so einfacher gebaut, je höher sie an dem Stengel und an den Ästen stehen. Die Fiedern der Blätter stehen sich gegenüber und sind ihrerseits mit paarweise gestellten Fiederchen versehen, deren unterstes Paar in der Weise am Grunde des Blattstieles erster Ordnung gestellt ist, daß es mit den entsprechenden Fiederchen des in gleicher Höhe stehenden Blättchens ein Kreuz bildet. Durch diese Eigenschaft ist die Kümmelpflanze von allen ähnlichen Umbelliferen deutlich zu unterscheiden und leicht zu erkennen. Der Blütenstand ist eine zusammengesetzte Dolde. Die Hülle der Dolde ist ein- bis zweiblättrig oder fehlt. Die Hüllchen meist fehlend, bisweilen vorhanden, einblättrig. Die meisten Blüten sind zweigeschlechtig, doch sind in den jüngeren Dolden in der Mitte einzelne Blüten vorhanden, welche infolge Abortierung des Fruchtknotens männlich geworden sind. Die Blüten sind epigynisch und proteranderisch; ihre Organe sind zyklisch gestellt; die fünfzähligen Gürtel der Kelchzähne, Blumenblätter und Staubfäden alternieren. Der Fruchtknoten ist unsterändig, zweifächerig mit vollkommener Scheidewand, nahezu umgekehrt eiförmig, durch

die schmale, tiefe Furche (commissura) deutlich in zwei mediane Hälften geteilt, oben abgeflacht und mit einem reichlich Nektar produzierenden Discus ausgestattet. Zwei Griffel sind vorhanden, welche je eine einfache, kugelförmige Narbe besitzen. In jedem der Fruchtfächer ist eine hängende, eiförmige, anatrophe Samenanlage vorhanden, obwohl zwei Ovula angelegt werden. Die Samenanlage ist mit einem kräftig entwickelten Funiculus, einer nach der Fugenseite gekehrten Raphe und mit nur einem Integument versehen. Placenta axillär.

Die Frucht ist eine zweisamige Spaltfrucht (Diachenum). Sie ist kahl, eiförmig und beiderseits zusammengedrückt. Die Spaltung der reifen Früchte fängt an mit der Trennung der Fruchthälften vom Fruchtwinkel. Diese Trennung wird ermöglicht durch eine am Grunde der Fruchtknoten angelegte, kleinzellige Trennungsschicht und erfolgt in genau derselben Weise wie beim herbstlichen Blattfall unserer Laubbäume (10). Bald darauf spalten sich die Scheidewand und der Discus. Die in dieser Weise völlig getrennten Fruchthälften fallen aber nicht gleich ab, sondern es dauert einige Tage, bis sie sich von den Ästen des Samenträgers (d. h. des Gefäßbündels der Scheidewand) lösen können. Die Teilfrüchte (Mericarpie), welche in der Umgangssprache öfters fälschlich „Samen“ genannt werden, sind etwa 4,25 mm lang. Ihr Querschnitt ist fast regelmäßig fünfeckig mit 5 hervortretenden Rippen. In jeder Rippe ist ein Gefäßbündel vorhanden. Die Teilfrüchte sind ein wenig sichelförmig gekrümmt, zur Stelle der Rippen hell- bis dunkelgelb; die doppelbreiten Tälchen dunkelbraun und glänzend. Die Fugenfläche ist ebenfalls dunkelfarbig, mit einer medianen hellen Längslinie, wo die Scheidewand durchgerissen ist. Jedes Mericarpium enthält einen Samen, der relativ groß ist und die Höhlung der Teilfrucht dermaßen ausfüllt, daß ihre Gestalt derjenigen der Teilfrucht ziemlich genau entspricht. Den Hauptbestandteil des Samens bildet das Endosperm, in dessen Mitte sich fast der ganzen Samenlänge nach ein spaltförmiger Hohlraum befindet. In der oberen Hälfte dieser Höhlung liegt der Keim, welcher aus den Kotyledonen, dem Sproßvegetationspunkte und der Radicula zusammengesetzt ist. In der Fruchtwand finden sich zweierlei Sekretbehälter. Erstens die von sezernierenden Epithelzellen umschlossenen „Saftgänge“, welche in gleicher Zahl vorkommen wie die Rippengefäßbündel und an deren Außenseite verlaufen. Die Saftgänge durchziehen die ganze Pflanze und enthalten eine bis jetzt unbekannte Flüssigkeit, entschieden aber kein „Kümmelöl“ in nachweisbaren Mengen (8. 24, S. 194). Der schwach aromatische Geruch der Kümmelpflanzen röhrt allem Anschein nach von diesem Sekrete her. Für den Menschen hat das Sekret keinen Wert, seine biologische Bedeutung ist unbekannt. Die zweite Art von Sekretbehältern in der Fruchtwand sind die Vittae oder Ölstriemen. Im Gegensatz zu den Saftgängen ist das Vorkommen

dieser Gebilde auf die Früchte beschränkt. Jede Teilfrucht hat 6 derartige Ölstriemen, zwei an der Fugenseite jederseits der medianen Längslinie, die übrigen in den Tälchen. Sie erstrecken sich von der Fruchtbasis bis zum Discus und sind durch Quermembranen in Fächer geteilt. Ihr Durchmesser ist weit größer als derjenige der Saftgänge und beträgt tangential 250 bis 300  $\mu$ , radial höchstens 80  $\mu$ . Das einschichtige Vitta-epithelium ist aus lückenlos aneinanderschließenden Zellen zusammengesetzt. Die Vittae enthalten ein ätherisches Öl, das Kummelöl, womit die Fächer meist vollständig ausgefüllt sind; nicht selten kommen nebst einem großen Öltropfen einzelne kleine gesonderte Tröpfchen in den Fächern der Ölstriemen vor (24, S. 193). Wozu die Aufspeicherung des Öles in den Früchten dient, ist eine bis jetzt nicht völlig gelöste Frage. Schließlich weise ich noch auf das Endosperm als Reservestoffbehälter hin, weil die Früchte ihren wirtschaftlichen Wert nicht nur dem Öl, sondern auch den im Endosperm befindlichen Nährstoffen verdanken. Das Gewebe des Endosperms ist aus polyedrischen, ziemlich großen und verhältnismäßig dickwandigen Zellen zusammengesetzt. Bei mikroskopischer Betrachtung wurden in fast allen Endospermzellen Aleuronkörner und Fettröpfchen, nicht aber Stärke vorgefunden. Eine Ausnahme machen die inneren Zellen in der Nähe des Hohlraumes, in denen nebst Protoplasmareste nur Stärkekörner beobachtet wurden (24, S. 210 bis 213).

### Das ätherische Kummelöl.

Eigenschaften und Zusammensetzung des Kummelöls. Das ätherische Kummelöl ist eine klare, farblose, auf die Dauer infolge Verharzung gelb werdende Flüssigkeit. Der Geruch ist aromatisch, der Geschmack beißend gewürhaft. Das Öl löst sich vollständig in 3 bis 10 Vol. 80%igen Alkohols, sowie in dem gleichen Vol. 90%igen Alkohols. Der Brechungsexponent liegt zwischen 1,484 und 1,488. Das spezifische Gewicht zwischen 0,907 und 0,918. Der im 100 mm langen Rohre bei Natriumlicht abgelesene Drehungswinkel ist + 70 bis + 80. Das Kummelöl ist in der Hauptsache aus zwei Bestandteilen zusammengesetzt, dem d-Limonen und dem d-Carvon, welche in ungefähr gleicher aber nicht konstanter Menge im Öl vertreten sind. Das Limonen ist ein Terpen ( $C_{10}H_{16}$ ), während das Carvon ( $C_{10}H_{14}O$ ) ein hydroaromatisches Keton ist, das dem Limonen chemisch nahe verwandt ist. Der Siedepunkt des Limonens ist 175°, der des Carvons 229 bis 230°; die Brechungsexponenten respektive 1,475 und 1,497 bis 1,500; die spezifischen Gewichte resp. 0,850 und 0,963 bis 0,966. Außerdem sind im Kummelöl kleine Mengen (zusammen 1 bis 2%) enthalten von dem Dihydrocarvon ( $C_{10}H_{16}O$ ), dem Dihydrocarveol ( $C_{10}H_{18}O$ ) und einer nicht näher bekannten, narkotisch riechenden Base (8).

Die Entstehung der Ölbehälter, Bildung des Öles in den Fruchtknoten. Wie bei den übrigen Umbelliferen werden im Fruchtknoten der Kämmelpflanze die Ölstriemen als schizogene Interzellularräume angelegt, und zwar durch das Auseinanderweichen benachbarter Zellen infolge Spaltung der Wände an ihren Ecken. Sie werden schon lange vor der Blütezeit in der Wand ganz junger Fruchtknoten gebildet und enthalten, wie sich bei genauer mikroskopischer Betrachtung herausgestellt hat, schon kurz nach ihrem Entstehen mehrere Tropfen ätherischen Öles (24, S. 252). Während der Blüte und der nachherigen Reifung der Früchte nimmt die Ölmenge allmählich zu. Bemerkenswert ist, daß die Quermembranen der Vittae erst am Ende der Blütezeit auftreten (24, S. 254). Das ätherische Öl wird durch die umgebenden Epithelzellen sezerniert. Wie dies genauer erfolgt, d. h. ob die Bildung des Öles in einem bestimmten Teil der Wand (in der resinoigenen Schicht) der Epithelzellen oder im Zellinneren zustande kommt, wollen wir hier dahingestellt sein lassen (6, 20, 15).

**Industrielle Verwertung der Früchte. Bedeutung des Öles für die Industrie und die Medizin. Gebrauch des Kämmels als Gewürz und Heilmittel und der ausdestillierten Früchte als Viehfutter und zu Verfälschungszwecken.**

Bekanntlich werden die ätherischen Öle meistens durch Destillation mit Wasserdampf gewonnen. Diese Methode wird in den chemischen Fabriken auch zur Gewinnung des Kämmelöles angewendet. Dazu werden die Früchte in großen Destillationsapparaten, welche nach Gildemeister 2500 kg Kämmel fassen können, mit gespanntem Wasserdampf 6—8 Stunden destilliert. Zur Gewinnung des Carvons wird das Kämmelöl im Vakuum fraktioniert oder nochmals mit Wasserdampf destilliert. Die größte Menge Kämmelöl findet in der Branntweinindustrie zur Herstellung von Likören Verwendung. Hierzu wird heute das reine Carvon dem früher verwendeten Kämmelöl (dem Carvon-Limonen-Gemisch) vorgezogen, da letzteres sich nicht so leicht in Alkohol löst, während das Carvon sich mit 90 %igem Alkohol in jedem Verhältnis mischt. In der Medizin braucht man das Kämmelöl als Stomachicum und Carminativum. In neuerer Zeit ist das Öl als Antiparasiticum bei Scabies empfohlen worden (17). Ferner ist es in einzelnen Tinkturen zur Zahnpflege enthalten (17). Das Carvon ist in vielen Ländern ein beliebtes Heilmittel gegen Kolik, während das Limonen bei Lungenkrankheiten anstatt des schädlich auf die Nieren einwirkenden Terpentins Verwendung findet. Weitaus die größte Menge Limonen wird in der Seifenindustrie zum Parfümieren von Seifen benutzt (5). Die meisten Kämmelfrüchte werden zu den erwähnten Zwecken in den Fabriken verarbeitet. Nur ein kleiner Teil derselben wird als solcher, namentlich in Deutschland, wo

sie dem Brot, dem Käse, dem Kraut und anderen Speisen als Gewürz zugesetzt werden, gebraucht. In manchen Gegenden (z. B. Thüringen) wird Kümmel mit Salz und Pfeffer auf den Tisch gestellt. In den Niederlanden findet der Kümmel nur ausnahmsweise in der Bäckerei Verwendung. Der Gebrauch der Früchte als Pulver oder Infusum wird in der Pharmakotherapie bei Blähungen und Kolik empfohlen. Auch wird Kümmel als Arzneimittel in Form von Tee verabreicht. Der ausdestillierte Kümmel findet je nach der Behandlung der Früchte vor der Destillation zweierlei Verwendung. Gegenwärtig geht der Destillation der Kümmelfrüchte meistens eine Zerquetschung derselben voraus, um eine möglichst vollständige Ausbeute an Öl zu erzielen. Der Rückstand ist wegen der im Endosperm enthaltenen Aleuronkörner und Fettröpfchen ein geschätztes und nahrhaftes Viehfutter (14). Im getrockneten Kümmelfutter wurden nach einer Reihe von Analysen 20 bis 23,5 % (zu  $\frac{3}{4}$  verdauliches) Rohprotein und 14 bis 16 % Fett nachgewiesen (8). Bisweilen wird der Kümmel in unzerkleinertem Zustand destilliert. Die in dieser Weise nicht ganz erschöpften, dunkelfarbigem, nahezu geruch- und geschmacklosen Körner werden zu hohen Preisen verhandelt, um in der Käsefabrikation und zur Verfälschung von frischen Kümmelfrüchten und von „zira-Samen“ verwertet zu werden (12, 24, S. 251).

### Der Öl- und Carvongehalt der Früchte.

Die Früchte der Kümmelpflanze werden um so höher geschätzt, je höheren Gehalt an ätherischem Öl sie aufweisen. Bei der Wertbeurteilung des Kümmels wird aber nicht nur dessen Ölgehalt, sondern auch die Quantität des im Öl enthaltenen Carvons berücksichtigt. Der Wert des Kümmelöls wird nämlich hauptsächlich bedingt durch den Carvongehalt, da dieser Bestandteil, dem der Kümmel seinen Geruch und Geschmack und daher seine wirtschaftliche Bedeutung verdankt, weit wichtiger ist als das Limonen. Der Ölgehalt der Früchte schwankt innerhalb ziemlich weiter Grenzen und ist namentlich von der Intensität der Kohlensäureassimilation während der Vegetation abhängig. Da die  $CO_2$ -Assimilation von zahllosen Faktoren beeinflußt wird, welche einsteils auf das Klima, andernteils auf die Beschaffenheit und den Düngungszustand des Bodens zurückzuführen sind, brauchen uns die Schwankungen des Ölgehaltes, abgesehen noch vom Einfluß, den etwaige erbliche Unterschiede zwischen den Kümmelsorten ausüben könnten, nicht zu wundern. Die Qualität des Öles hängt hauptsächlich von dem Reifeheitsgrad der Früchte ab, und zwar in der Weise, daß das Kümmelöl um so mehr Carvon enthält, je reifer die Früchte sind. Offenbar wird das anfangs vorwiegende Limonen während der Reifung der Früchte teilweise zu Carvon oxydiert (3).

Schon im Jahre 1893 wies Ulitzsch darauf hin, daß der in Holland kultivierte Kümmel bezüglich seiner Ölqualität kaum

seinesgleichen findet (21)<sup>3)</sup>. Dementsprechend wurde bis heute in den chemischen Fabriken vorzugsweise der niederländische Kümmel zur Ölgewinnung benutzt, um so mehr, als dieser Kümmel sich nicht nur durch die Qualität des Öles, sondern auch durch dessen Quantität auszeichnet. Letzteres erhellt aus einem Bericht der Firma Schimmel u. Co., Leipzig 1879, worin eine tabellarische Aufstellung der Ölprozente von Kümmelsorten verschiedener Herkunft gegeben wird (4). Diese Tabelle lehrt, daß der Ölgehalt des niederländischen Kümmels zwischen 4 und 6,5% schwankt, eine Angabe, die in neuerer Zeit von Zylstra durch wiederholte Feststellungen bestätigt wurde. So wurden von diesem Autor im Jahre 1909 auf zwei verschiedenen Kümmelfeldern in der niederländischen Provinz Noord-Holland Samenproben gezogen, welche je 5,66% und 6,53% Öl enthielten (24, S. 320). Der Ölgehalt zeigt aber große Differenzen je nach dem Jahre, in dem die „Samen“ geerntet wurden, denn im Jahre 1910 wurde aus niederländischem Kümmel nur höchstens 5,2% Öl ermittelt (24, S. 314). Aus der eben genannten Schimmel'schen Tabelle ging ferner hervor, daß der Ölgehalt des wildwachsenden Kümmels gewöhnlich weit größer war als der Gehalt der kultivierten Sorten. Während z. B. im niederländischen und im deutschen kultivierten Kümmel 4 bis 6,5% bzw. 3,5 bis 5% Öl enthalten waren, wurde in einigen aus Bayern und Hessen stammenden wildwachsenden Kümmelsorten bis zu 7% Öl gefunden. Später sind von Zylstra neun wildwachsende, europäische, aus verschiedenen Gegenden stammende Kümmelsorten auf ihren Ölgehalt geprüft und mit dem niederländischen Kümmel verglichen worden (24, S. 321ff.). Dabei konnten einige sehr hohe Werte ermittelt werden. So enthielt eine aus Württemberg erhaltene Kümmelprobe sogar 7,17% Öl, d. h. einen Überschuß von 3% im Vergleich zu dem im selben Jahre geernteten niederländischen Kümmel. Immerhin sind aber unter den wildwachsenden Kümmelsorten auch welche mit sehr niedrigem Ölgehalt vertreten. So hat sich z. B. der russische wildwachsende Kümmel als sehr minderwertig erwiesen, indem der Ölgehalt dieser Sorte um fast 1% hinter dem niederländischen Kümmel zurückblieb. Zweck der Zylstra'schen Versuche war, zu erforschen, wie sich die wildwachsenden Kümmelsorten auf holländischem Lehmboden unter den dort obwaltenden Kulturbedingungen verhalten würden. Deswegen wurden im nächsten Jahr die neun auf den Öl- und Carvongehalt geprüften Sorten nebeneinander derart ausgesät, daß der Einfluß etwaiger Unterschiede in der Beschaffenheit des Bodens ausgeschaltet wurde. Als nach der Ernte die Samenproben der Versuchsparzellen untersucht wurden, stellte sich heraus, daß die wildwachsenden Sorten zu Kulturzwecken völlig un-

<sup>3)</sup> Zahlreiche von uns gemachte Ölbestimmungen haben ergeben, daß der Carvongehalt des niederländischen Kümmelöls zwischen 45 und 65% schwankt.

geeignet waren, da der Ölgehalt der ölreichen Sorten bedeutend zurückgegangen war. Hingegen zeigte die Ölmenge der minderwertigen Sorten eine Zunahme, ohne jedoch die des holländischen Kümmels zu erreichen. Es war also nicht empfehlenswert, eine Kultur dieser Sorten auf niederländischem Boden vorzunehmen, um so weniger, als auch der Samenertrag des niederländischen Kümmels dem der sonstigen geprüften Sorten weit überlegen war. So war der Ertrag des aus Württemberg stammenden Gewächses nur 4,5 Ballen von je 50 kg pro ha, während von dem niederländischen Kümmel durchschnittlich 24 Ballen zu je 50 kg pro ha gewonnen werden. Da alle Sorten unter ähnlichen Kulturbedingungen gewachsen waren, lag der Gedanke nahe, daß jede Sorte als eine Population zu betrachten wäre, deren ölreichste Linien gerade den niederländischen Kulturverhältnissen am wenigsten anzupassen waren. In der Abhandlung „Über *Carum Carvi* L.“, der diese Ergebnisse entnommen sind, hat Zylstra sich auch mit der Frage beschäftigt, ob irgend ein Zusammenhang zwischen dem äußeren Aussehen der Früchte und ihrer Qualität besteht (24, S. 311). Das ist von Interesse, weil der Handelswert der Kümmelfrüchte gewöhnlich nur auf die Beobachtung ihrer äußeren Merkmale beruhen, und eine schöne helle Farbe, ein frischer Geruch und eine große Gleichmäßigkeit der Körner einem hohen Öl- und Carvongehalt derselben entsprechen sollte. Zur Beantwortung dieser Frage wurden 25 Samenmuster, welche aus verschiedenen Ggenden der Niederlande herrührten, einer genauen Prüfung unterworfen. Es lag auf der Hand, daß die Wertschätzung der Früchte ihrem Äußeren nach sich als unrichtig erweisen würde. Schon im Jahre 1897 hatte Schimmel hervorgehoben, daß der norddeutsche Kümmel trotz seinem tadellosen Aussehen minderwertig war. Später bemerkte Zylstra, daß die kleinen, fast schwarzen Körner des wildwachsenden niederländischen Kümmels bedeutend mehr Öl enthielten, als die heller gefärbten und größeren Früchte des in Holland kultivierten (4, 24, S. 320). Tatsächlich konnte durch statistische Längenmessungen und Ölbestimmungen der Früchte nachgewiesen werden, daß die Qualität, d. h. der Ölgehalt der Früchte von deren Länge und Gleichmäßigkeit ganz unabhängig ist.

Während Schimmel den Ölgehalt des Kümmels aus größeren Samenquantitäten ermittelte, war Zylstra bei seinen Versuchen bestrebt, den Öl- und Carvongehalt kleiner Samenproben zu bestimmen. Für Ölbestimmungen von 5 g Kümmelproben erwies sich die im Jahre 1907 von E. Beckmann zur Prüfung von Gewürzen empfohlene kryoskopische Methode als sehr geeignet (2). Um aber beim Kümmel möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen, erwies es sich als notwendig, die Beckmann'sche Methode, sowie die von diesem Verfasser benutzte Apparatur etwas abzuändern. Es würde zu weit führen, hier auf die Einzelheiten einzugehen. Näheres hierüber findet man u. a. in der Arbeit von Zylstra, die

neben einer ausführlichen Erörterung der Methode eine Fülle von Winken enthält, welche zur Ermittlung genauer Resultate wertvoll sind. So sei aus dieser Arbeit nur noch erwähnt, daß die Qualität des Öles refraktometrisch bestimmt wurde. Das ist erwähnenswert, weil der Carvongehalt des Öles gewöhnlich durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes ermittelt wird.

### Der Anbau des Kümmels in den Niederlanden.

**Zucht und Ernte.** Der Kümmel wird in den Niederlanden nur auf schwerem oder sandigem Lehm kultiviert, da die Pflanze auf diesen Bodenarten am besten gedeiht. Der hohe Ölgehalt der niederländischen Kümmelfrüchte spricht dafür, daß sich der niederländische Lehmboden zur Kümmelkultur vorzüglich eignet. Nicht nur die Beschaffenheit des Bodens aber, sondern auch seine Bearbeitung und Düngung sind notwendige Vorbedingungen der Züchtung eines guten Gewächses. Da der Kümmel erst im zweiten, bisweilen sogar erst im dritten Jahre einen Samenertrag liefert, wird die Aussaat immer unter einer Überfrucht — gewöhnlich schon im März oder April — vorgenommen. Es kommt darauf an, die Überfrucht richtig zu wählen. Erstens darf die Überfrucht nicht zu spät reifen, damit die bei der Ernte derselben kümmelrlich zutage tretenden Kümmelpflänzchen im Spätsommer hinreichend Zeit haben, sich wiederherzustellen und heranzuwachsen. Weiter ist es empfehlenswert, eine zu schwere Überfrucht zu vermeiden, da die zarten Kümmelpflänzchen sonst erstickt könnten. Gewöhnlich werden Erbsen, Pferdebohnen, Sommergerste oder Spinat als Überfrucht gewählt, nicht selten auch Lein oder Hafer mit weißem Klee. Letzteren Falls bekommt man im ersten Jahr einen Lein- oder Haferertrag, im zweiten eine Kleewiese und erst im dritten Jahre eine Kümmelernte. Bei der Aussaat wird gedrillt; es genügen 5 bis 8 kg Saatgut für 1 ha. Die Entfernung der Reihen ist 40 oder 30 cm. Versuche haben gezeigt, daß es nicht erwünscht ist, die Reihenentfernung allzusehr einzuschränken, da die Ölproduktion durch eine zu geringe Standweite beeinträchtigt wird (24, S. 331 ff.). Nach Abreitung der Überfrucht wird der Boden zwischen den Reihen behackt, und auch alles Unkraut sorgfältigst aus den Reihen entfernt. Während des Winters braucht man keinen Frostschaden zu befürchten, da der Kümmel in unserem Klima sogar die schlimmste Kälte gut erträgt. Im nächsten Frühjahr wird der Boden abermals gereinigt und meistens energisch mit der Egge bearbeitet. Kümmel braucht viel Stickstoff. Nicht selten werden im Herbst und im Frühling zusammen 400 bis 500 kg Chilisalpeter pro ha zugesetzt. Anstatt Chilisalpeter gibt man auch wohl eine entsprechende Menge von schwefelsaurem Ammoniak. Mitte bis Ende April fängt der Kümmel an auszutreiben. Einige Wochen später werden an den Enden der emporgeschossenen Stengel die Blütenstände erzeugt. Die Ernte findet Ende Juni

oder Anfang Juli statt. Mit der Ernte wird schon begonnen, sobald die erstgebildeten Körner einen braunen Schein zeigen, also bevor die Früchte vollständig gereift sind. Wird das Schneiden zu spät vorgenommen, so erleidet man einen großen Samenverlust, weil die reifen Früchte leicht abfallen. Man schneidet auf verschiedene Weisen, entweder mit der Hand oder maschinenmäßig, immer aber frühmorgens, um Samenverlusten möglichst vorzubeugen. Die geschnittenen Pflanzen werden zum Trocknen und Nachreifen in Garben gesetzt. Beim Einführen der Ernte sollen die Garben zuerst auf ein Tuch umgestürzt werden, und auch sonst bei der Weiterbearbeitung der Ernte muß große Vorsicht beobachtet werden.

**Der Körnerertrag.** Derselbe ist hauptsächlich von den Witterungsverhältnissen, unter denen die Pflanzen gewachsen sind, und von der Größe der Stickstoffdüngung abhängig. Lange andauernde Trockenheit im Anfang der Vegetation, sowie Nachtfrost beim Emporschießen der Stengel können verhängnisvoll werden. Der mittlere Samenertrag wechselt jährlich von 15 bis 30 Ballen à 50 kg pro Hektar, kann aber in ertragreichen Jahren bis auf 40 Ballen steigen. Seit 1905 schwankt die Gesamternte in den Niederlanden um 120 000 Ballen. Am größten war sie im Jahre 1911, in dem insgesamt 234 247 Ballen geerntet wurden (22).

**Schädlinge des Kümmels.** Kümmel ist nur wenigen Krankheiten ausgesetzt. Von den tierischen Parasiten nennen wir zuerst die Kümmelschabe, *Depressaria nervosa*, eine Motte, deren Raupe zur Blütezeit die Dolden umspinnt und die Samenbildung verhindert. Im Jahre 1918 wurde der Samenertrag in der niederländischen Provinz Groningen von dieser Motte schwer beeinträchtigt. Bisweilen soll auch die Larve einer Gallmücke, *Cecidomyia carophila*, als Schädling auftreten und dicke Anschwellungen der Hauptstrahlen der Dolden verursachen. Sehr oft werden die Kümmelpflanzen von den Zweiflüglern *Psila rosae* und *Chlorops glabra* beschädigt, deren Larven die Wurzeln anfressen. Von Pilzen sind *Protomyces macrosporus* und neuerdings von Fr. Prof. Dr. Westerdijk in Baarn (Holland) eine *Cercospora*-Art als Krankheitserreger nachgewiesen worden<sup>4)</sup>), während von uns im vergangenen Jahre in Wurzeln krankhafter Kümmelpflanzen plasmodiumähnliche Körper vorgefunden wurden.

### Geschichte der Kümmelkultur.

**Geschichte bis 1850.** (9, 18.) Der Kümmel war schon im Altertum bekannt. Er wird bei Plinius genannt und ist von Dioscorides beschrieben worden. Letzterer belegte die

<sup>4)</sup> Dem Berichte einer Versammlung des Ned. Bot. Ver. am 25. Mai 1925 entnommen. (Siehe auch Lit. 25.)

Pflanze mit dem Namen „Karos“ nach der Gegend Karien in Klein- asien, woher der Kümmel sich nach Nicholson über Europa verbreitet haben soll (16). Jedenfalls steht fest, daß der Kümmel schon in den ältesten Zeiten bekannt war, da man die Früchte in den ägyptischen Gräbern aufgefunden hat. Auch in der Bibel weisen einige Stellen im Buch Jesaia (Kap. 28, Vers 25 und 27) darauf hin, daß die Kümmelpflanze schon um 750 v. Chr. in Vorder- asien kultiviert wurde. Nach Reinhardt war in Europa der Kümmel schon in der neolithischen Pfahlbauzeit im dritten vor- christlichen Jahrtausend bekannt, soll aber in jener Zeit noch nicht kultiviert worden sein. Auch später findet der Kümmel in der geschichtlichen Literatur Erwähnung. Im Jahre 812 wird in den Ver- ordnungen über die Verwaltung der Güter Karls des Großen die Kümmelpflanze als eines der auf den kaiserlichen Gütern kulti- vierten Gewächse genannt. Aus dem 12. Jahrhundert wissen wir, daß diese Gewürzpflanze schon damals in Spanien und Marokko gebaut wurde. Baillon behauptet, daß die Früchte schon sehr früh nicht nur als Gewürz, sondern auch als Heilmittel benutzt seien (1). In der Tat wird der Kümmel in den deutschen mittel- alterlichen Arzneibüchern genannt, während die Pflanze zur selben Zeit auch in Holland zu medizinischen Zwecken gezüchtet wurde. Im 13. Jahrhundert wurden in England und Belgien Kümmel- samen zum Gebrauch in der Küche gewonnen. Seither wurde die Kümmelkultur in Europa allgemein, und der Gebrauch der Früchte als Gewürz und Heilmittel hat sich bis in die Gegenwart behauptet. Die Destillation der Früchte soll auch schon früh vorgenommen worden sein. Angaben über den Gebrauch des Öles findet man bereits in der Literatur des 16. Jahrhunderts. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts wurde der Kümmel nur in Gemüsegärten gezüchtet. Wann die Großkultur ihren Anfang genommen hat, läßt sich nicht genau feststellen. Aus den spärlich darüber vorliegenden Be- richten ist zu ersehen, daß die Kultur im Großen schon nahe um 1800 in der niederländischen Provinz Noord-Holland hie und da geübt wurde (19).

Entwicklung der Kultur in den Niederlanden von 1850 bis auf die Gegenwart (22, 23). Seit 1850 dehnte sich die Kultur in Holland trotz großer Schwankungen allmählich aus, da der Bedarf an Kümmel im Ausland, namentlich in Deutschland und England, beständig zunahm. Während im Jahre 1850 nur kaum 100 ha des niederländischen Bodens mit Kümmel be- pflanzt waren, betrug im Jahre 1878 die gesamte mit Kümmel be- baute Fläche schon etwa 2500 ha. Anfänglich war die Kultur auf die Provinz Noord-Holland beschränkt. Erst im Jahre 1870 wurde sie auch in anderen Provinzen aufgenommen, besonders in Groningen, wo der Kümmelbau seit Jahrzehnten eine wichtige Stelle einnimmt. Eine große Ausbreitung erfuhr die Kultur seit 1886, als in Deutschland die chemische Industrie, besonders die der äthe-

rischen Öle und der künstlichen Riechstoffe, emporkam. In erster Linie ist hier der deutsche Chemiker Wallach zu nennen, durch dessen Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der Terpene die reiche Entfaltung dieser Industrie ermöglicht wurde. Demgemäß wuchs der Bedarf an Kümmel in den nächsten Jahrzehnten dermaßen, daß im Jahre 1898 in den Niederlanden sogar 5500 ha mit diesem Gewächs bebaut wurden. Weiter wurde der Kümmelbau durch die damaligen niedrigen Preise des Getreides gefördert, durch die die Landwirte genötigt wurden, sonstige, vorteilhaftere Gewächse zu kultivieren. Die durch diese Umstände veranlaßte Ausdehnung der Kümmelkultur erreichte im Jahre 1911, in dem 8230 ha, d. h. fast 1% der gesamten niederländischen Anbaufläche, mit Kümmel bebaut waren, ihren Höhepunkt. Wenn auch die Kultur des Kümmels hinter der in Holland angebauten Hauptgewächse, wie Roggen, Kartoffeln, Hafer und Weizen weit zurückbleibt, so nimmt sie doch unter der der übrigen Gewächse eine hervorragende Stelle ein. Durch den Krieg ist die Kümmelzucht aufs schwerste beeinträchtigt worden; im Jahre 1918 waren nur 1700 ha mit Kümmel bepflanzt. Dieser Rückgang hatte seinen Grund hauptsächlich darin, daß die Gelegenheit zum Export infolge des von Deutschland ausgerufenen unbeschränkten U-Bootkrieges und der Mitbeteiligung von Amerika am Weltkriege bedeutend verringert war. Überdies sah sich die niederländische Staatsverwaltung durch den damals herrschenden Mangel an Nahrungsmitteln gezwungen, die Zucht des Kümmels zur Förderung der Getreidekultur zu verbieten. Nach dem Kriege hat es einige Jahre gedauert, bevor sich der Kümmelbau völlig wiederherstellte, denn erst im Jahre 1922 wurden infolge der damaligen fabelhaften Kümmelpreise wieder etwa 4000 ha mit diesem Gewächs angebaut. Seitdem nimmt die Ausdehnung der Kümmelkultur wieder zu. 1923 betrug die mit Kümmel bebaute Fläche 4076 ha, 1924 stieg sie auf (schätzungsweise) 8840 ha an.

#### Bedeutung des niederländischen Kümmels im Welthandel.

Weitaus der größte Teil der niederländischen Kümmelfrüchte wird nach Deutschland, Amerika und England exportiert, um dort in den chemischen Fabriken auf ätherisches Öl verarbeitet zu werden. In Holland gibt es nur einzelne kleinere derartige Fabriken, welche verhältnismäßig wenig Kümmel verbrauchen. Was dieser Export für Holland bedeutet, dürfte durch folgende, den amtlichen niederländischen Berichten entnommene Zahlen erläutert werden (13).

Die Ausfuhr von niederländischem Kümmel betrug von 1900 bis 1910 (durchschnittlich pro Jahr): 5939 Tonnen

im Jahre 1911 : 8988 Tonnen
"      1912 : 4298      "
"      1913 : 6635      "
"      1914 : 8062      "

im Jahre 1915 :	5426 Tonnen	
„ „ 1917 :	109	( 47 146 holl. Guld.)
„ „ 1919 :	2771	( 1 903 714 „ )
„ „ 1921 :	3562	( 1 017 921 „ )
„ „ 1924 :	8862	“

Aus einer näheren Betrachtung dieser Angaben ist ersichtlich, daß der Kümmelhandel den Einfluß und die Folgen des Krieges stark empfunden hat. Besonders hat der Export nach Deutschland in den letzten Kriegsjahren einen bedeutenden Rückgang erlitten. Während Deutschland vor dem Kriege und in den ersten Kriegsjahren jährlich etwa 4000 bis 5000 Tonnen brauchte, betrug die Ausfuhr in späteren Jahren höchstens 2500 Tonnen. Seit 1921 zeigte Amerika einen zunehmenden Bedarf an niederländischen Kümmelfrüchten, welcher auch in den ungeheuren Preisen zum Ausdruck kam, die besonders im Jahre 1923 für Kümmel bezahlt wurden. Im Laufe dieses Jahres stieg der Preis sogar auf 59,5 holl. Gulden pro Ballen von 50 kg, während die Preise pro Ballen sich vor dem Kriege gewöhnlich zwischen 10 und 25 Gulden bewegten (22). In den letzten Jahren ist der Preis wieder auf normale Höhe zurückgegangen. Gegenwärtig (im Februar 1926) wird nur 11 bis 12 Gulden pro Ballen bezahlt. Auch der Handel in ausdestillierten Kümmelfrüchten ist für Holland eine nicht unwichtige Einnahmequelle. Besonders die Früchte, welche ohne Zerquetschung destilliert worden sind, kommen für diesen Handel in Betracht. Große Quanten dieser Samen werden aus Holland nach Bombay exportiert zum fälschlichen Ersatz der dort einheimischen Zira-Samen, welche — wie bemerkt wurde, — den europäischen Kümmelfrüchten ziemlich ähnlich sind (12).

#### Gewinnung von neuen Kümmelsorten durch Selektion.

Bis heute sind Selektionsversuche mit Kümmel noch wenig unternommen worden. Es scheint mir erwünscht, der Erörterung dieser Versuche einige Bemerkungen über die Bestäubungsweise der Kümmelblüte vorauszuschicken. Die Kenntnis der Blüteverhältnisse entscheidet ja darüber, welche Maßnahmen bei der Auslese genommen werden müssen. Handelt es sich um Pflanzen, bei denen Fremdbestäubung ausgeschlossen ist, wie z. B. den meisten Getreidearten, so hat man die zur Erhaltung reiner Linien ausgewählten Pflanzen einfach weiter zu züchten, ohne sie vor Fremdbestäubung schützen zu brauchen. Schwieriger wird das Verfahren, wenn die zu selektierenden Pflanzen ihren Samenansatz nur der Fremdbestäubung verdanken. In diesen Fällen ist Einschließen der Pflanzen und künstliche Bestäubung derselben unbedingt notwendig. Wegen einer ausführlichen Erörterung der Blühverhältnisse bei der Kümmelblüte sei auf die öfter zitierte Abhandlung von Zylstra „Über *Carum Carvi*“ verwiesen (24).

Hier dürften diejenigen Tatsachen genügen, welche zu einem guten Verständnis des Auslesevorgangs beim Kümmel erforderlich sind.

**Die Biologie der Blüte.** Die Doldengewächse werden von Insekten, namentlich von Zweiflüglern, bestäubt. Ihre Blumen sind proterandrisch, d. h. deren Narben fangen erst zu reifen an, nachdem die Staubblätter den Pollen völlig entlassen haben. Betrachtet man die Dolden einer blühenden Kümmelpflanze, so erkennt man bald, daß sich diese Pflanze durch eine hochgradige Proterandrie auszeichnet. Denn, wenn auch die Blüten einer Dolde sich nacheinander öffnen, so findet man doch nie Blüten mit geöffneten Antheren und solche mit reifen Narben in einer Dolde beisammen. Statt dessen schieben die Blüten die Entwicklung ihrer Griffel auf, bis sich die Staubbeutel sämtlicher Blüten der Dolde völlig entleert haben. Natürlich ist in solchen Blüten keine Selbstbestäubung ausgeschlossen. Wohl aber findet öfters Kreuzung zwischen den Blüten verschiedener Dolden der gleichen Pflanze statt. Bei unseren Selektionsversuchen hat sich herausgestellt, daß frei nebeneinander stehende und sich selbst überlassene Kümmelarten ihre Charaktere viele Generationen hindurch ziemlich gut beibehalten. Offenbar ist also beim Kümmel die Fremdbestäubung nicht so die Regel, wie bei einer derartigen Pflanze zu erwarten wäre. Das verhindert aber nicht, daß es zum Erhalten „reiner Linien“ unbedingt notwendig ist, die Pflanzen abzusondern oder wenigstens die Blütenstände einzuschließen und künstliche Bestäubung vorzunehmen. Es empfiehlt sich, die ziemlich umständliche künstliche Bestäubung zu umgehen, indem man zur Bestäubung geeignete, selbstgezüchtete Insekten in die zum Einschließen benutzten Hüllen hineinführt. Bei künstlichen Kreuzungen zwischen verschiedenen Pflanzen müssen die Dolden ebenfalls eingeschlossen werden, ihre Blüten brauchen aber der ausgeprägten Proterandrie wegen nicht kastriert zu werden.

**Die neuen Sorten.** Wie oben erwähnt wurde, haben die Landwirte während der Kümmelernte immer Körnerverlust zu fürchten. Trotz der Gegenmaßnahmen, welche stets bei der Ernte genommen werden, kann dieser Verlust besonders bei trockenem oder stürmischem Wetter recht erheblich werden. Auch ist die Größe des Verlustes von der Beschaffenheit des Gewächses abhängig. So ist leicht verständlich, daß die Samenverschwendungen so geringer sein wird, je gleichmäßiger das Gewächs reift. Meines Wissens haben sich bis jetzt nur zwei Züchter mit der Selektion des Kümmels beschäftigt. Beide Züchter zielten darauf hin, die Landwirte vor Körnerverlust zu schützen. Der erste Versuch wurde gemacht von Dr. R. J. Mansholt, Direktor des Saatgutveredlungsbetriebs im Westpolder in der Provinz Groningen, dem es gelungen ist, durch Weiterzüchtung einzelner, ausgezeichneter, im Jahre 1901 ausgelesener Pflanzen eine gleichmäßig reifende

Sorte zu erhalten, welche vielfach angebaut wird und sich in der Praxis tadellos gehalten hat. In neuerer Zeit hat sich Dr. K. Zylstra, Direktor an der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Groningen, mit der Züchtung einer neuen Kümmelsorte beschäftigt. Diese Varietät unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Kümmel dadurch, daß die reifen Früchte nicht abfallen. Den Früchten dieser Sorte geht nämlich die Fähigkeit ab, sich von den Stielchen zu lösen, indem die Bildung der kleinzelligen Trennungsschicht, von der oben die Rede war und welche sonst das Abfallen der Früchte herbeiführt, bei dieser Sorte völlig unterbleibt (10). Was diese Sorte für den praktischen Züchter bedeutet, ist ohne weiteres klar. Nicht nur ist der Landwirt bei Züchtung dieser Varietät vom Witterungszustand während der Ernte völlig unabhängig, sondern er braucht sich auch mit dem Schneiden des Gewächses nicht zu beeilen. Im Jahre 1911 wurde mit dieser Selektion begonnen, als in einem Versuchsfelde mit reifenden Kümmelpflanzen einige Individuen aufgefunden wurden, welche die genannte Eigenschaft besaßen. Diese Pflanzen wurden isoliert und anfangs durch künstliche Selbstbestäubung, später durch spontane Insektenbestäubung weitergezüchtet. Indem jährlich nach dem Schneiden die mit abfallenden Früchten versehenen Pflanzen ausgemerzt wurden, konnte im Jahre 1923 ein Gewächs erhalten werden, das nur aus den erwünschten Pflanzen bestand. Seitdem ist die Sorte von mehreren Landwirten feldmäßig geprüft worden und es hat sich gezeigt, daß sie gute Erträge liefern kann<sup>5)</sup>. Neulich sind von uns Versuche angestellt worden, um die neue Sorte auf den Öl- und Carvongehalt zu prüfen. Es steht bereits fest, daß der Carvongehalt des Öls wegen der besseren Reifung der Früchte größer ist, als derjenige der gewöhnlichen Kümmelfrüchte. Auch hat sich bei diesen Versuchen ergeben, daß die in der Peripherie der Dolden gestellten, zuerst reifenden Früchte, welche beim Schneiden des gewöhnlichen Kümmels mehr oder weniger verloren gehen, bedeutend mehr Öl enthalten als die übrigen Früchte. Der Landwirt verliert also bei der Ernte des gewöhnlichen Kümmels gerade die wertvollsten Früchte, während von der neuen Sorte sämtliche Früchte völlig reif geerntet werden. Wenn auch die neue Varietät, wie sie jetzt in den Niederlanden hie und da angebaut wird, fast vollständig rein ist bezüglich der erörterten Eigenschaft, so stellt sie doch ein Gemisch dar von verschiedenartigen Linien, welche seit Jahren in den Versuchsgärten der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Groningen einzeln weitergezüchtet und auf ihre erblichen Eigenschaften geprüft werden. Es hat sich gezeigt, daß die Linien bedeutende Unterschiede in Samenertrag, Keimfähigkeit, Wachstumsgeschwindigkeit usw. aufweisen. Allem Anschein nach

<sup>5)</sup> Die von den Landwirten berichteten Samenerträge der neuen Varietät lagen zwischen 24 und 40 Ballen von 50 kg pro ha.

wird es durch Kombination ausgezeichneter Linien möglich werden, aus dem heutigen Gemisch ein üppiger und gleichmäßiger wachsendes Gewächs hervorzuzüchten, das in jeder Beziehung den Forderungen der Landwirtschaft, sowie der Industrie genügen wird.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Unfähigkeit, die reifen Früchte fallen zu lassen, ein dominierendes, durch ein Faktoren-paar bedingtes Merkmal ist, das bei heterozygoten Pflanzen nach dem *Pisum*-Typus vererbt wird.

#### L iter a t u r.

1. Baillon, Dictionnaire de Botanique 1876, Tl. I, S. 641.
2. Beckmann, E., Anwendung der Kryoskopie zur Beurteilung von Gewürzen und anderen Drogen. Archiv der Pharmazie 1907, Bd. 245, S. 211.
3. Berichte von Schimmel & Co., Leipzig 1896.
4. idem 1897.
5. idem 1903, 1906, 1909, 1910.
6. Charabot et Gatin, Le parfum chez la Plante, Paris. Doin 1908, S. 178 ff.
7. Coulter and Rose, North American Umbelliferae. Contributions from the U.S. National Herbarium. Vol. 7, 1, 1900, S. 103.
8. Gildemeister, E. und Hoffmann, Fr., Die ätherischen Öle. Bd. 3, 1916, S. 349 ff.
9. idem Bd. 1, S. 182 und 183.
10. Goedewaagen, M. A. J. en Zylstra, K., Gewone, loszadige karwy en een nieuwe zaadhoudende varieteit. Verslagen der Rykslandbouw-proefstations 30. 1925.
11. Hager's Handbuch der pharmazeutischen Praxis. 1900, S. 660 ff.
12. Handelsberichten van het Ministerie van Landbouw, enz. 29 April 1920, S. 179 und 180.
13. Jaarstatistiek van den in-, uit-, en doorvoer Nederland 1900 bis 1924.
14. Kellner, O., Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. 1920, S. 382.
15. Meyer, A., Über die Entstehung der Scheidewände in der sekretführenden, plasmafreien Intercellularräume der Vittae der Umbelliferen. Botan. Zeitung 1889. 47. Jahrgang. S. 34 ff.
16. Nicholson, Dictionnaire pratique de l'Horticulture (traduit par Mottet) 1892.
17. Pharmacotherapeutisch Vademecum. Ned. 1917.
18. Reinhardt, L., Kulturgeschichte der Nutzpflanzen. Bd. 4, 1. Hälfte, 1911, S. 547.
19. Staat van den Landbouw in het Koninkryk der Nederlanden. 1815.
20. Tschirch, A., Die Harze und die Harzbehälter. 2. Auflage. 1906, S. 1122 bis 1125.
21. Uhlitzsch, Rückstände der Fabrikation ätherischer Öle. Die Landw. Versuchsstationen. 42. Bd. 1893.
22. Verslagen en Mededeelingen van de Directie van den Landbouw (Departement van Binnenlandsche Zaken en Landbouw) 1910 bis 1924.
23. Zylstra, K., Over karwy en de aetheriese karwyolie. Meded. v. d. Ryks Hoogere Landbouwschool 1915. Deel 8, afl. 1 en 2, S. 41 ff.
24. Zylstra, K., Über Carum Carvi L., Recueil des Travaux botaniques Néerlandais Vol. 13, Livr. 3 et 4, S. 194.
25. Westerdijk, J. und A. van Luijk, Eine Anthraknose des Kümmels. Mededeelingen uit het Phytopath. Laboratorium „Willie Commelin Scholten“. VIII. 1924.