

Die Embryosackentwicklung von *Pedicularis sceptrum carolinum* L.

Von
G. Lundqvist.

Mit 16 Abbildungen im Text.

Zu den in embryologischer Hinsicht am besten untersuchten Sympetalen gehören die Scrophulariaceen. Die meisten Gattungen sind von Hofmeister in mehreren Arbeiten und von Schmid (1906) behandelt. Außerdem haben Balicka-Iwanowska (1899), Buscalioni (1894), Meunier (1897), Wurdinger (1910) u. a. hierüber geschrieben.

Obgleich diese Familie also recht eingehend behandelt worden ist, sind doch noch mehrere Fragen übrig, die nicht genügende Beachtung gefunden haben. In einigen Arbeiten (z. B. Schmid 1906) werden Figuren mitgeteilt, die möglicherweise anders ausgelegt werden könnten. Palm (1914) zeigte nämlich, daß bei *Aster* und *Solidago* die Megasporen oft an Stelle der Antipoden funktionieren. Er sagt bei der Entwicklung des Embryosackes bei *Aster novae-angliae*: »Ist die unterste Tetradenzelle der Ursprung des Embryosackes, so entsteht der typische achtkernige Embryosack. Wächst dagegen eine der drei oberen Megasporen aus, so werden die Antipoden ganz oder teilweise reduziert und ihre Funktion von den persistierenden Tetradenzellen übernommen.«

Es liegt daher nahe die Annahme, daß dies auch bei anderen Gattungen geschehen könnte. Ich untersuchte deshalb auf Anraten des Herrn Prof. Dr. O. Rosenberg *Pedicularis sceptrum carolinum* L., um die Megasporenverhältnisse zu studieren. Es zeigte sich aber, daß die Megasporen immer degene-

rieren, ehe der Embryosack ganz fertiggebildet ist. Obgleich das Resultat also negativ ist, so ist die Publizierung gerechtfertigt, da bei den Archesporenteilungen und bei den Keimungen der Megasporen interessante Variationen zum Vorschein kamen. Die bei den Scrophulariaceen am besten und eingehendsten behandelten Verhältnisse sind die Stadien der Endosperm- und Embryobildung. Besondere Berücksichtigung ist auch auf die Haustorienbildung genommen. Über diese Entwicklungsstadien liefert Schmid eine klare Übersicht. Die Endospermbildung der Scrophulariaceen folgt dem zellularen Typus, d. h. erfolgt durch sukzessive Zellteilungen. Die Endospermentwicklung dieser Familie kann man nach Schmid in vier eine fortschreitende Reduktion zeigende Gruppen teilen.

Die am wenigsten reduzierte von ihnen ist die bei *Digitalis*, *Scrophularia* und *Verbascum* vorkommende. Alle Zellen haben anfangs dasselbe Aussehen und teilen sich in vier Längsreihen. Bald werden aber die vier obersten und untersten Zellen ausgeschlossen und die Endospermbildung setzt sich nur durch die weiteren Teilungen der dazwischenliegenden Zellen fort.

In der zweiten Gruppe bildet sich bei der ersten Teilung eine Wand, die den Embryosack in zwei ungefähr gleich große Hälften teilt. Die untere Hälfte nimmt jedoch hier nicht an der Entwicklung teil, sondern das Endosperm wird durch fortgesetzte Teilungen der oberen Hälfte gebildet. Hierher gehören *Antirrhinum* und *Linaria*.

In der dritten Gruppe, zu welcher *Alectorolophus* und einige *Lathraea*-Arten gehören, ist die Reduktion noch weiter gekommen. Wie in der vorigen Gruppe nimmt die untere Tochterzelle der ersten Teilung nicht an der weiteren Entwicklung teil. Außerdem entstehen in dem mikropylaren Teil der oberen Tochterzelle schon von Anfang an zwei Zellen, die sich nicht weiter teilen.

Am weitesten ist die Reduktion in der vierten Gruppe gegangen. Von den nach den beiden ersten Querteilungen gebildeten Zellen kommt nur die mittelste zu einer weiteren Entwicklung und bildet das ganze Endospermgewebe. Die Zellen ordnen sich anfangs in vier Längsreihen, aber nach einer größeren Anzahl von Teilungen wird diese Ordnung weniger

bemerkbar. Zu dieser Gruppe gehören *Euphrasia*, *Melampyrum*, *Pedicularis*, *Tozzia*, *Veronica* u. a.

Das Archespor.

Die Samenanlagen sind epitrop, ein wenig campylotrop sowie mit einem leptosporangiaten, monochlamydeischen Nucellus (Warming 1913) ausgerüstet. In dem jüngeren Archesporstadium

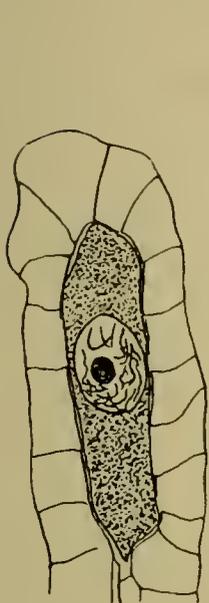


Fig. 1. Archesporzelle.

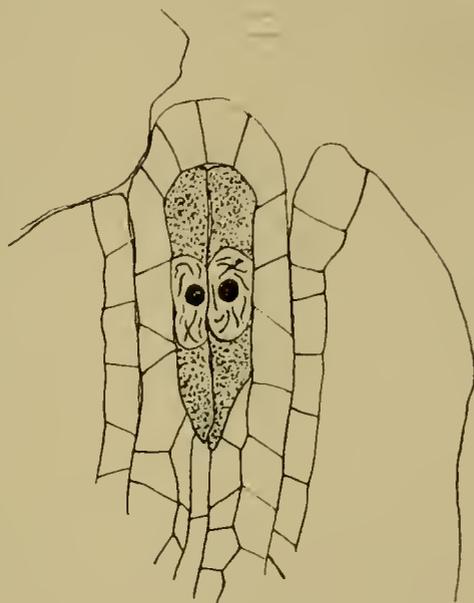


Fig. 2. Zwei Archesporzellen.

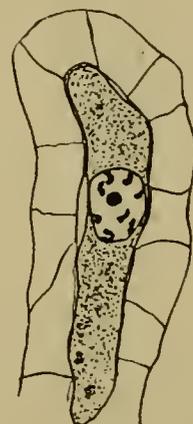


Fig. 3. Archesporzelle im Diakinesenstadium.

ist es von einem nur ein paar Zelllagen dicken Integument umgeben. Gleichzeitig mit der Entwicklung des Archespors wächst dieses zu, bis es den ganzen Nucellus umschließt. Dies trifft ungefähr nach der Tetradenteilung ein.

Der Nucellus enthält ein, nur selten zwei Archesporzellen. Mehr als zwei habe ich nie beobachtet. Die Archesporzelle zeichnet sich durch ein etwas dichteres oder wenigstens stärker färbbares Plasma als die übrigen Zellen des Nucellus aus. Ihr Kern ist bedeutend kräftiger als die Kerne der übrigen Nucelluszellen entwickelt und liegt gewöhnlich etwas näher an dem mikropylaren Teile der Archesporzelle. Wenn zwei Archesporzellen vorkommen, ist gewöhnlich die eine bedeutend kräftiger entwickelt und erstreckt sich weiter in den Nucellus. Einen selteneren Fall zeigt Fig. 2. Die zwei Archesporzellen sind

hier, wie man sieht, gleich kräftig entwickelt und liegen nebeneinander. Mehr als zwei Archesporzellen hat Schmid bei *Pedicularis tuberosa* bemerkt.

Ob die beiden Archesporzellen der nun folgenden Reduktionsteilung unterworfen sind oder ob die eine schon früher degeneriert, ist unsicher. Obgleich ich eine große Anzahl von Präparaten dieser Stadien studiert habe, konnte ich doch nie eines

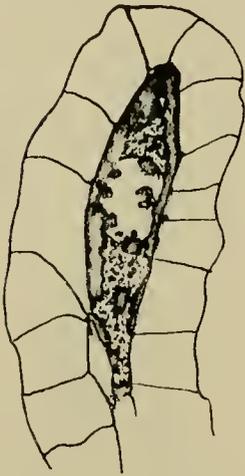


Fig. 4. Archesporzelle im Diakinesenstadium.

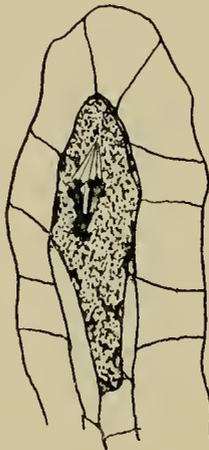


Fig. 5. Archesporzelle im Metaphasenstadium.

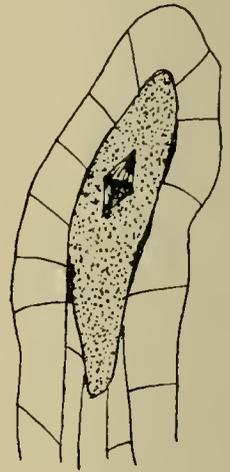


Fig. 6. Archesporzelle im Metaphasenstadium.

sehen, wo beide Zellen im Begriffe waren sich zu teilen. Zwei nebeneinanderliegende Tetraden hat Schmid jedoch von *Pedicularis verticillata* abgebildet, weshalb man wohl annehmen kann, daß es auch bei der vorliegenden Art, wenn auch äußerst selten, geschehen kann. Wahrscheinlich hätten beide Kerne in Fig. 2 es bis zur Reduktionsteilung gebracht.

Nach Fig. 3, die eine Archesporzelle im Diakinesenstadium zeigt, und nach Fig. 5 und 6 zu urteilen, wird die Teilung im mikropylaren Teil der Archesporzelle stattfinden. Sofern sich nicht der ganze Teilungsapparat in den folgenden Stadien gegen den chalazalen Teil der Archesporzelle verlegt, wird also die Wand etwas über der Mitte angelegt. Die Archesporzelle ist also in diesen Fällen nach der heterotypischen Teilung in zwei ganz ungleich große Tochterzellen geteilt. Hiernach würde dann die untere von diesen prädestiniert sein, aus einer ihrer homöotypischen Zellen den Embryosack zu entwickeln.

Die Fig. 1, 3 und 6 sind drei ungewöhnlich gut entwickelte Archesporzellen, die außerdem mit etwas stärkerer Vergrößerung (längerem Tubusauszug) als Fig. 7 gezeichnet sind. Sie zeigen aber doch, daß hier ganz bedeutende Größenschwankungen stattfinden können. Fig. 7 zeigt zwei Zellen, deren Kerne sich in der Metaphase befinden. In der chalazalen Zelle findet dasselbe statt, was z. B. Fig. 6 zeigt, d. h. die Spindel befindet sich näher am mikropylaren Teil der Zelle. In diesem Falle würde

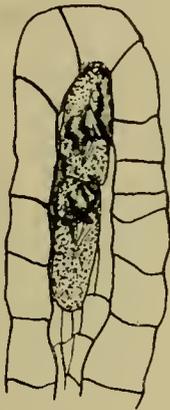


Fig. 7. Dyadenzellen im Metaphasenstadium.

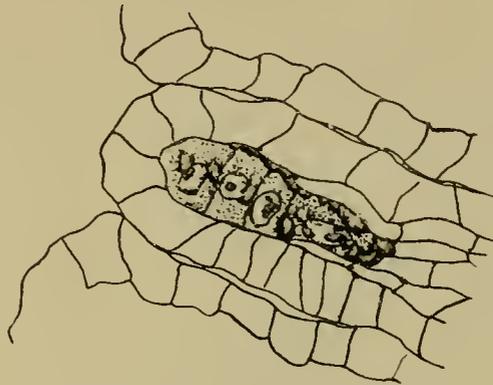


Fig. 8. Fertige Tetrade.

wahrscheinlich die unterste Megaspore zu einer weiteren Entwicklung gekommen sein.

Daß der Kern nicht immer im mikropylaren Teil der Archesporzelle liegt, zeigen ja die Fig. 1, 2 und 4.

Die Tetradenentwicklung.

Nach der homöotypischen Teilung liegt die Tetrade fertig vor. Oft ist die unterste Zelle kräftiger als die übrigen entwickelt, was die meisten von z. B. Schmid's Tetradenfiguren zeigen. In diesem Falle ist es wohl diese Megaspore, die sich zum Embryosack weiter entwickelt, soweit nicht die von Nitzschke bei *Cabomba* nachgewiesene Erscheinung auch hier gilt. Nach diesem Forscher ist es nämlich hier nicht immer die größte Megaspore, die den Embryosack erzeugt.

In den Fig. 8 und 9 sieht man ganz deutlich, daß die unterste Megaspore auswachsen wird. Die Kerne der drei oberen Megasporen in Fig. 9 haben schon einzuschumpfen begonnen und werden nach und nach degenerieren. Dagegen ist

der Kern der untersten Megaspore bedeutend angewachsen und trägt deutliche Zeichen, daß die Teilung bald stattgefunden haben würde.

Etwas ganz anderes zeigt Fig. 10. Die heterotypische Wand liegt schräg und zeigt, daß die Spindel, soweit nicht der vordere Teil der Tetrade angewachsen ist, eher im chalazalen als im mikropylaren Teil der Archesporzelle gelegen hat, wie es in

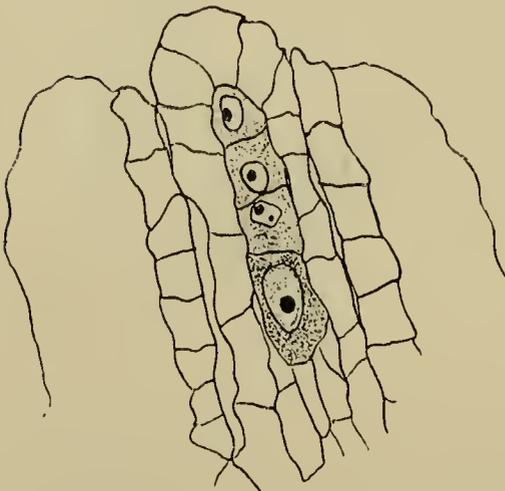


Fig. 9. Fertige Tetrade.

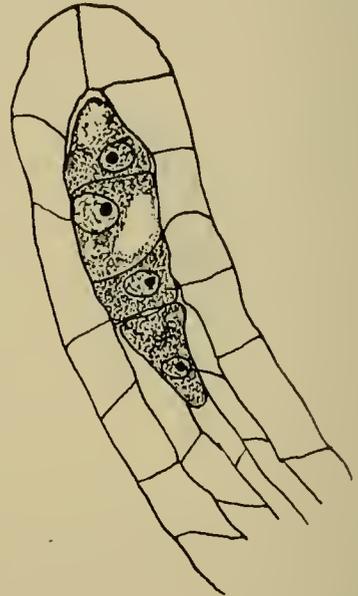


Fig. 10. Die Keimung der zweitobersten Tetradenzelle hat begonnen.

den oben genannten Figuren war. Die zweitoberste oder möglicherweise die oberste der Megasporen wäre vielleicht zur Weiterentwicklung gelangt. Das erstere erscheint wahrscheinlicher, da der Kern dieser Megaspore bedeutend kräftiger ist. Außerdem ist ja hier die Vakuolenbildung schon eingeleitet. Die beiden chalazalen Zellen werden jedenfalls degenerieren. Der Kern der untersten zeigt ja deutliche Schwächesymptome.

Daß nicht immer die unterste Megaspore zum Embryosack auswächst, wird noch deutlicher in einigen Präparaten, in denen eine oder ein paar degenerierende Megasporen am chalazalen Teil des Embryosackes liegen. Ein solches Stadium zeigt Fig. 14, die später näher besprochen wird.

Aus dem Gesagten geht aber hervor, daß jede beliebige von den Megasporen die Fähigkeit hat, zum Embryosack auszu-keimen. Nach Schmid kann dies bei einigen anderen

Scrophulariaceen aber sehr selten eintreffen, besonders bei *Pedicularis verticillata*. Bei dieser können nämlich dann, wenn in demselben Nucellus zwei Tetraden vorkommen, zwei Megasporen derselben Tetrade je einen Embryosack entwickeln.

In einem Präparat habe ich zwei Embryosäcke in einem Nucellus gefunden, aber da die Megasporen vollständig resorbiert waren und die Fixierung außerdem nicht recht gelang, ist nicht zu sehen, aus welchen Megasporen sie entwickelt sind. Möglicherweise hat es ja aus zwei verschiedenen Tetraden geschehen können.

Schmid sagt über die Keimungsfähigkeit der Megasporen folgendes: »Damit wäre aufs neue die Vermutung gerechtfertigt, daß ursprünglich allen vier Archesportochterzellen die Fähigkeit zukam, zu Embryosäcken auszuwachsen, daß aber die vorderen drei in den meisten Fällen dieses Vermögen verloren haben.« Bei *Pedicularis sceptrum carolinum* scheinen alle vier Megasporen diese Fähigkeit in gleich hohem Grade zu besitzen.

Über die Frage, ob nur eine bestimmte oder irgendeine beliebige der Megasporen zu keimen beginnt, ist viel geschrieben, aber ein positives und gemeingültiges Resultat ist noch nicht erfolgt. Es fragt sich daher, ob man jetzt oder überhaupt jemals die allerinnerste Ursache wird erklären können.

Daß eine Megaspore, z. B. die unterste, auswächst, kann ja wenigstens bis zu einem gewissen Grade durch mehrere Faktoren veranlaßt sein. So kann die heterotypische Teilung in eine obere kleinere und eine untere größere Tochterzelle resultieren. Darauf kann die untere derselben sich so teilen, daß die jetzt entstandene unterste die kräftigere wird. Oder auch kann bei der heterotypischen Teilung eine größere obere und eine kleinere untere sich gebildet haben. Wenn dann die homöotypische Wand der oberen Dyadenzelle diese in zwei gleich große Tochterzellen teilt, so kann doch die entsprechende Teilung der untersten in zwei Megasporen resultieren, von denen die allerunterste größer als jede von den beiden oberen gleich großen Megasporen ist.

Sind die beiden Teilungen nicht simultan, sondern erfolgen sie so, daß die homöotypische der oberen Dyadenzelle etwas

verspätet wird, kann die unterste Megaspore während dieser Zeit etwas anwachsen und somit die Überlegenheit erhalten. Eine Modifikation hiervon wäre vielleicht die Erscheinung, daß die oberen Megasporen aus diesem oder jenem Grunde zu degenerieren begönnen, ehe die unterste fertiggebildet ist. Diese ist ja in diesem Falle allein berechtigt, den Embryosack zu erzeugen.

Die eigentliche Ursache davon, daß die unterste Megaspore auskeimt, hat man in ernährungsphysiologischen Verhältnissen gesucht. Diese Megaspore sollte nämlich leichter Nahrung aufnehmen können, da sie am Chalazaende gelegen ist, durch welches der Nahrungsstrom jedenfalls geht. Diese Schlußfolgerung scheint ja die Sache zu erklären, wenigstens wenn man es mit einem leptosporangiaten Nucellus zu tun hat. Ist es dagegen ein eusporangiaten (Warming 1913), so scheinen die Nahrungsverhältnisse mehr gleichförmig auf die einzelnen Megasporen verteilt zu sein, in demselben Maße wie der Nucellus ein größeres und kräftigeres Gewebe enthält. Besteht dasselbe außerdem aus Archesporzellen in diesem oder jenem Entwicklungsstadium, so macht ja dies das um die axilen Zellreihen liegende Gewebe um so kräftiger. In der Verteilung der nahrungsphysiologischen Verhältnisse entsteht hier keine Änderung. Mechanisch werden aber die wachsenden Zellen doch aufeinander einwirken. Wenn nun die Megasporen, die in einem solchen Gewebe liegen, simultan entstehen und sich physiologisch gleich kräftig entwickeln, scheint es vom Zufall abzuhängen, welche von den Megasporen zur weiteren Entwicklung kommen wird. Dann kann es ja Sache der Vererbung sein, daß bei einer gewissen Art eine gewisse Megaspore prädestiniert ist, den Embryosack auszubilden.

Wenn dagegen in einem leptosporangiaten Nucellus eine beliebige von den physiologisch gleichwertigen Megasporen zur Entwicklung kommen kann, scheint man in noch höherem Grade auf innere unbekannte Kräfte hingewiesen zu sein.

Der Embryosack.

Eine von den Megasporen wird nun in allen Fällen weiterentwickelt. Der Kern tritt in das Teilungsstadium, Vakuolen bilden sich im Plasma, während sich die ganze Megaspore ver-

längert. Den Anfang dieses Verlaufs sieht man in der schon besprochenen Fig. 10. Die übrigen Megasporen degenerieren nun schnell und bleiben endlich nur als eine dunklere Masse an einem Ende des Embryosackes zurück. Fig. 12 zeigt ein solches Stadium. Hier ist die unterste Megaspore ausgekeimt und ihr Kern hat sich einmal geteilt. Aus dieser Figur sieht

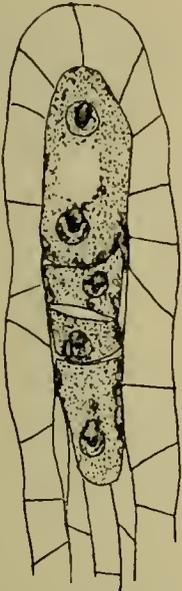


Fig. 11. Der Kern der obersten Megaspore ist geteilt.

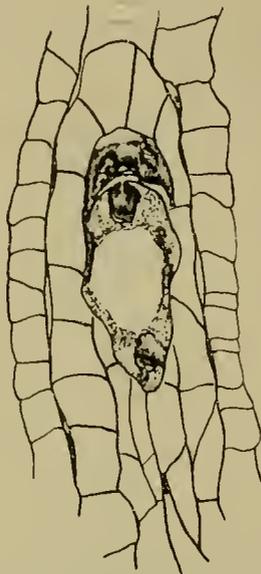


Fig. 12. Zweikerniger Embryosack aus der untersten Megaspore entwickelt.

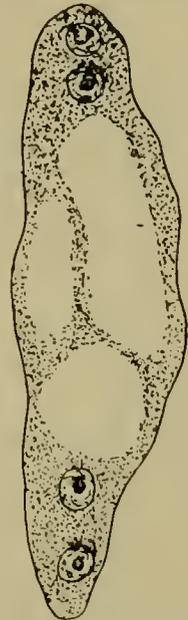


Fig. 13. Vierkerniger Embryosack.

man auch, daß die Resorption der um den zweikernigen Embryosack liegenden Nucelluszellen schon begonnen hat. Die beiden Kerne sind durch eine große Vakuole voneinander getrennt. Schon in diesem Stadium fällt es auf, daß der Embryosack im chalazalen Teil schmaler ist.

Eine auffällige Erscheinung zeigt Fig. 11. Die Tochterzellen der heterotypischen Teilung scheinen sich hier etwas auseinander gezogen zu haben, während die der heterotypischen Teilung dicht zusammenliegen. Die beiden mittleren Megasporen zeigen deutliche Spuren der eintretenden Degeneration, denn die Kerne sind kleiner als die der übrigen, und außerdem ist das Plasma etwas dunkler gefärbt. Der Kern der obersten hat sich schon einmal geteilt und also ein zweikerniger Embryosack gebildet. Außerdem sieht man, daß Vakuolenbildung eingetreten

ist. Zu beachten ist noch, daß die unterste Megaspore so bedeutend größer als die beiden mittleren ist. Es ist darum wahrscheinlich, daß sowohl die oberste als auch die unterste die Entwicklung eine Zeitlang fortgesetzt haben, aber daß die erstgenannte bald die Oberhand gewonnen und sich hat teilen können. Da aber die untere so kräftig ist, während der Embryosack sich gleichzeitig noch im Zweikernstadium befindet, ist es darum wahrscheinlich, daß sie vor dem Achtkernstadium nicht vollständig hätte resorbiert werden können. Das Resultat wäre also ungefähr wie das der Fig. 14.

Fig. 11 führt ungesucht den Gedanken auf einer von Schmid mitgeteilten Figur von *Pedicularis verticillata* zurück. Fig. 41a in seiner Abhandlung stellt nämlich nach seiner Meinung einen Nucellus mit »nur drei Tetradenzellen« vor. Die unterste davon enthält zwei Kerne, weshalb Schmid meint, daß die Wandbildung hier ausgeblieben sei. Wenn nun wirklich keine Wand da war, was sehr gut der Fall sein könnte, liegt es wohl näher anzunehmen, daß die vierte Megaspore sich entweder hinter einer von diesen drei oder auch im nächsten Schnitt befindet. Der Verf. hat nämlich sogar bei derselben Pflanze und auf derselben Seite eine Figur mitgeteilt, die im Mikroskop sehr gut ein gleiches Bild hätte ergeben können. Es ist dies Fig. c. Dies wäre der Fall gewesen, wenn der Schnitt rechtwinklig sowie parallel mit und etwas rechts oder links von der Verbindungslinie der Kerne der oberen und der unteren Megasporen gelegt wäre. Von dieser Figur kann man jedenfalls sagen, daß die Samenanlage schräg geschnitten ist. Es fragt sich wohl auch sehr, ob dies nicht auch der Fall mit der Fig. 41b ist. Denn es ist wohl nicht glaublich, daß sich so bedeutende Differenzen in der Entwicklung der Integumente vorfinden, wie es die Figuren a und b vermuten lassen. Nach diesen beiden Figuren zu urteilen, würden die Megasporen also ganz ungeschützt zu liegen kommen, wenn die Epidermis der einen vollständig und die der anderen beinahe resorbiert ist. Wenigstens habe ich bei *Pedicularis sceptrum carolinum* keine Übereinstimmung mit diesen beiden Erscheinungen beobachtet.

Derselbe Irrtum, den Schmid in Fig. 41a macht, ist auch von Meunier (1897) bei *Veronica* begangen, doch mit dem

Unterschied, daß der letztgenannte keine Wände zwischen den älteren Megasporen gesehen hat. Der Embryosack würde also nach Meuniers Meinung dem *Lilium*-Typus folgen, was jedoch die Untersuchung von Schmid neun Jahre später nicht bestätigt hat.



Fig. 14. Achtkerniger Embryosack mit noch nicht vollständig degenerierter Megaspore.

Fig. 15. Achtkerniger Embryosack.

Fig. 16. Embryosack kurz vor Verschmelzung der Polkerne.

Daß der Embryosack im chalazalen Teil schmaler ist, zeigt auch Fig. 13, die einen vierkernigen Embryosack darstellt. Hier ist wahrscheinlich die Vakuolenbildung etwas anders als in der vorhergehenden Figur verlaufen.

Der stärkste Zuwachs scheint während der Bildung des Vierkernstadiums einzutreffen. Gleichzeitig hiermit wird der größere Teil der Nucellusepidermis resorbiert. Die Zwei- und Vierkernstadien scheinen von ganz kurzer Dauer zu sein, denn sie kommen nur in wenigen Präparaten derselben Fixierung vor,

während das nun folgende Achtkernstadium sehr reichlich vertreten ist. Gleichzeitig mit den Kernteilungen fährt die Streckung und Vakuolisierung des ganzen Embryosackes fort, so daß das Plasma hauptsächlich an den Enden des Embryosackes sowie in einer dünnen Schicht an der Wand liegt. In den jüngeren Achtkernstadien liegen an jedem Ende der Zelle vier Kerne.

Ein solches Stadium zeigt Fig. 14. Bemerkenswert ist hier die etwas länglichen mikropylaren Kerne, die außerdem etwas größer als die chalazalen sind. Wie schon im vorhergehenden gesagt wurde, ist dieses Bild außerdem noch ein Beweis dafür, daß nicht immer die unterste Megaspore auskeimt. Daß eine der degenerierenden Megasporen hat bis ins Achtkernstadium hinein existieren können, ist bei der vorliegenden Art sehr ungewöhnlich. Möglich ist es darum, daß diese Megaspore ihre Entwicklung zum Embryosack wenigstens schon begonnen hatte, aber bald von der davorliegenden unterdrückt worden ist.

Von den acht Kernen des Embryosackes gehen dann zwei gegeneinander und bleiben nahe aneinander in der Mitte des Embryosackes, gewöhnlich an der Wand, liegen (Fig. 15).

Gleichzeitig mit diesen drei Kernteilungen ist die Nucellus-epidermis nach und nach resorbiert worden, so daß der fertige Embryosack frei im Integument liegt, das nun ganz bedeutend angewachsen ist.

Die drei mikropylaren Kerne umgeben sich erst jetzt mit Membranen.

Die drei chalazalen dagegen werden erst später mit Wänden umgeben, wenn es überhaupt eintritt. Es kann nämlich geschehen, daß sie schon degenerieren, ehe noch wirklich deutliche Wände ausgebildet sind. In Fig. 16 sind nur schwache Andeutungen von Membranen vorhanden.

Die Antipoden degenerieren nach ziemlich kurzer Zeit, so daß schon, wenn die Befruchtung stattfindet, oft aber nicht immer, nur unbedeutende Reste übrig sind. Eine abweichende Meinung vertritt Balicka-Iwanowska, die zu dem Resultat kam, daß sie »persistent jusqu'à la formation complète du haustorium chalazaien«. Dies berichtigt jedoch Schmid bei den von ihm untersuchten Arten.

Die Antipoden bei *Pedicularis* gehören am nächsten zu der Kategorie, die Löttscher (1905) als »nackte Protoplasten« bezeichnet. Beiläufig sei erwähnt, daß seine drei Antipodentypen ziemlich konstruiert sind, da sie ineinander übergehen. Daß er übrigens sich nicht ganz klar gemacht hat, welche Organe als Antipoden bezeichnet werden müssen, geht aus seiner Abhandlung über ihre Funktionen hervor; über die letzteren macht er etwas zu viel eingehende Angaben.

Eine bedeutend vorsichtigeren Haltung nimmt Balicka-Iwanowska in ihrer sechs Jahre vor Löttschers erschienenen Abhandlung ein. Sie sagt hier: »Les antipodes, dans les genres étudiés, quand elles existent, semblent avoir une fonction transitoire, elles possèdent un contenu pauvre pour la pluspart et disparaissent très vite.« Sogar den Ausdruck »une fonction transitoire« hält Schmid für zu stark. Gegen den Ausdruck »quand elles existent« kann man einwenden, daß die Antipoden »dans les genres étudiés« immer vorhanden sind, obgleich Balicka-Iwanowska sie nicht gesehen hat. Dies hängt davon ab, daß sie nicht die einzelnen Schnitte kombiniert hat; sie hat daher einige falsche Bilder erhalten, die jedoch leicht zu verbessern sind.

Von den drei mikropylaren Kernen des Embryosacks ist die Eizelle die am kräftigsten entwickelte (Fig. 16). Der Kern ist größer als der der Synergiden. In gewöhnlichen Fällen liegt er im unteren Teil der Eizelle, aber Fig. 16 zeigt einen Fall, wo er im mikropylaren Teil liegt. Im Plasma bilden sich bald Vakuolen, deren Platz von der Lage des Kerns abhängt. So befinden sich im unteren Teil der Eizelle zwei kleine Vakuolen, die offenbar bald würden in eine verschmolzen sein.

Kurz vor der Befruchtung verschmelzen die Polkerne. Ich habe aber nicht genug Präparate dieser Stadien gehabt, um mit völliger Sicherheit zu entscheiden, in welchem Teil des Embryosacks es am häufigsten stattfindet. Soweit ich habe finden können, geschieht es, wie auch Schmid sagt, in der mittleren Partie. Doch kann es auch näher dem einen oder dem anderen Ende des Embryosacks eintreffen.

Bei der Besprechung der Polkerne sind auch ihre großen Nukleolen nicht zu vergessen, deren Ausdehnung jedoch recht

schwer zu entscheiden ist, da sie sich nur wenig stärker färben lassen als das Plasma des Kerns.

Die Endosperm bildung erfolgt nach dem schon genannten, sehr reduzierten Verfahren. Der Embryosack wird durch eine Querwand in eine obere und eine untere Zelle geteilt. Der obere teilt sich dann noch einmal, worauf also das Gewebe dreizellig ist. Die beiden terminalen Zellen bilden Haustorien, während die mittelste die eigentliche Endosperm mütterzelle ist, die durch fortgesetzte Quer- und Längsteilungen das Endosperm gewebe entwickelt. Da dies aber von mehreren Forschern, zuletzt von Samuelsson (1913), schon sehr eingehend diskutiert worden ist, will ich mich begnügen, darauf hingewiesen zu haben.

Zu wünschen wäre es, daß den interessanten Erscheinungen bei der Keimung der Megasporen mehr Beachtung zuteil würde als bisher geschehen ist. Durch genauere Beobachtungen würden dann wohl auch mehrere Angaben darüber, welche von den Megasporen es sei, die den Embryosack entwickelt, gewisse Änderungen erfahren. Es scheint nämlich, als ob es nicht immer so sicher wäre, daß wirklich die untere Megaspore sich weiter entwickele, sondern vielmehr, daß sich in bedeutend mehr Fällen, als man bisher angenommen hat, jede beliebige Megaspore in Funktion treten kann. Es würde sich jedenfalls lohnen, wieder auf diese interessante Frage zurückzukommen.

Die Fixierlösungen waren: Zenkers Kaliumbichromat-Sublimat-Essigsäure, Carnoys Alkohol-Chloroform-Essigsäure und Flemmings Chrom-Osmiumsäure. Die letztere ist Prof. Rosenbergs Material. Für die Färbungen sind Heidenhains Eisenhämatoxylin und für die Membranen Lichtgrün benutzt worden. Die Figuren sind mit Abbes Zeichenapparat gezeichnet. Zu allen Bildern sind Leitz' Okular 4 und Objektiv 7, außerdem zu den Archesporfiguren 1 bis 6 ein längerer Tubusauszug benutzt worden.

Den Herren Prof. Dr. G. Lagerheim und Prof. Dr. O. Rosenberg sowie Herrn Dr. Bj. Palm spreche ich hiermit meinen verbindlichen Dank aus für wertvolle Ratschläge und freundliche Unterstützung bei meiner Arbeit.

Zitierte Literatur.

- Balicka-Iwanowska, G. (1899), Contribution à l'étude du sac embryonnaire chez certains Gamopétales. Flora 85.
- Hofmeister, W. (1849), Die Entstehung des Embryos der Phanerogamen.
- (1858), Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.
- (1867), Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig.
- Lötscher, P. K. (1905), Über den Bau und die Funktion der Antipoden in der Angiospermensamenanlage. Flora.
- Meunier, A. (1897), Le développement séminal dans le genre Veronica. La Cellule 12.
- Nitzschke (1914), Beiträge zur Phylogenie der Monokotylen, gegründet auf der Embryosackentwicklung apokarper Nymphaeaceen und Helobieen. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen.
- Palm, Bj. (1914), Zur Embryologie der Gattungen Aster und Solidago. Acta Horti Bergiani 5.
- (1915), Studien über Konstruktionstypen und Entwicklungswege des Embryosacks der Angiospermen. Diss. Stockholm.
- Samuelsson, G. (1913), Studien über die Entwicklungsgeschichte der Blüten einiger Bicornes-Typen. Ein Beitrag zur Kenntnis der systematischen Stellung der Diapenciaceen und Empetraceen. Diss. Sv. Bot. Tidskr. 7.
- Schmid, E. (1906), Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Scrophulariaceae. Diss. Zürich. Beih. Bot. Centralbl. 20.
- Warming, E. (1913), Observations sur la valeur systématique de l'ovule. Minderkskrift for Japetus Steenstrup.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Botanik](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Lundqvist G.

Artikel/Article: [Die Embryosackentwicklung von *Pedicularis sceptrum carolinum* L. 545-559](#)