

برای اطلاعات بیشتر در این موضوع به کتاب گرده شناسی تصنیف میترا نوری (۱۳۹۸) انتشارات جهاد دانشگاهی یا دانشگاه اراک مراجعه شود.

گرده شناسی (پالینولوژی) Palynology یک دانش بین رشته ای، بین رشته های زمین شناسی و زیست شناسی، به ویژه علوم گیاهی، دیرین بوم شناسی و خاک شناسی است که از جمله دروس اختصاصی رشته زیست شناسی گیاهی، زمین شناسی و دیرین شناسی در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری می باشد که به صورت نظری و عملی در دانشگاه ها تدریس می شود. علم گرده شناسی به مطالعه دانه گرده و اسپور گیاهان می پردازد. اصطلاح Palynology نخستین بار توسط هاید و ویلیامز در سال ۱۹۴۴ پیشنهاد شده است و مرکب از دو کلمه یونانی paluno و pale می باشد.

### کاربردهای پالینولوژی

مطالعه دانه های گرده قدیمی و اخیر می تواند در دسته ای از مطالعات علمی از جمله موارد زیر ارزشمند باشد: ۱. تاکسونومی، ۲. مطالعات ژنتیکی و تکاملی، ۳. مطالعات عسل، ۴. پزشکی قانونی، ۵. مطالعات آلرژی، ۶. ترسیم تاریخ رویش گیاهی در گونه های منفرد و مجتمع، ارتباط شواهد و تعیین تاریخ آزمایشی، ۷. مطالعات تغییرات آب و هوایی و ۸. مطالعه تأثیر انسان نخستین بر پوشش گیاهی. از مهمترین کاربردهای علم گرده شناسی می توان ترسیم تاریخ گروه ها و گونه های گیاهی، ترسیم تاریخ جوامع گیاهی و زیستگاه های آنها، تاریخ گذاری رسوبات، مطالعه تاریخ اقلیم ها، مطالعه ی تأثیر انسان بر محیط زیست، مطالعه محتوای گرده، اتمسفر و اثر آن بر سلامت انسان، مطالعه عسل گرده و جرم شناسی را نام برد. از دیگر زمینه های کاربردی گرده شناسی مدفوع copro-palynology، گرده شناسی یخبندان cryo-palynology، گرده شناسی اکتشاف نفت oil discovery palynology، گرده شناسی پزشکی (آسم و آلرژی) medical-palynology، گرده شناسی قانونی forensic-palynology، گرده شناسی عسل melisso-palynology و گرده شناسی دیرین paleo-palynology می باشد.

### کاربرد گرده شناسی در رده بندی گیاهان

تاگزونومیست ها بر برقراری ارتباطات تکاملی بین جمعیت های موجود گیاهی و دسته بندی آنها، به سطوح ویژگی های ساختمانی آنها توجه دارند. مطالعات فسیل شناسی به این فرآیند کمک می کند اما اغلب داده های ضروری قابل دسترس نبوده و این روابط باید از شباهت های بین افراد زنده، نتیجه گیری و حدس زده شود. در چنین شرایطی بسیاری از خصوصیات ممکن باید در تعیین شباهت ها بررسی شوند و دانه های گرده و اسپورها نقش مهمی را دارا هستند. مطالعات گرده شناسی برای تعیین روابط بین زیرخانواده ها، خصوصیات قبیله ها و پیشنهاد روابط بین قبیله ها اهمیت بسیاری دارد. از بین خصوصیات دانه گرده، وجود شیار و لایه بندی دیواره دانه گرده بیشترین ارزش را داشته و خصوصیات مانند شکل، اندازه و تزئینات تکتوم که در قبیله ها و جنس ها تنوع زیادی دارد به عنوان یک خصوصیت ثانوی دارای اهمیت است (Noori 2002). برای مثال در بررسی تنوع اسپورها در پتريدوفیت ها، Tryton (۱۹۸۶) حدود ۲۵۰ جنس را مطالعه نمود. او قادر بود که آنها را به پنج تیپ اصلی بر مبنای شکل، شکاف، ساختمان سطح و دیواره تقسیم کرده و این به خوبی با دسته بندی اصلی این جنس ها بر مبنای خصوصیات مورفولوژیکی کل گیاهان هم خوانی داشت. ایجاد اسپورها، مطالعات تاگزونومیک قبلی را تأیید کردند. در یک مطالعه تاگزونومیک، از گرده گروهی از جنس آکاسیا *Acacia* در استرالیا، Guinet (۱۹۸۶) دسته های مورفولوژیکی پیشرفته ای را درون گرده های تحت شیب شمال/جنوب در استرالیا یافت. همین نتیجه در اسپورهای پتريدوفیت ها مطابق با دیدگاه های تاگزونومیک بر مبنای مورفولوژی گیاهان انبوه و بیوشیمی آنها بود و بر حالت پویایی آکاسیاها از دیدگاه تاگزونومیک و تکاملی تأکید کرد. شیب تشابه در گرده های گیاهان هنوز به طور کامل تنوع تکاملی اخیر را در تقسیمات گیاهان روشن نکرده است (نوری ۱۳۹۸).

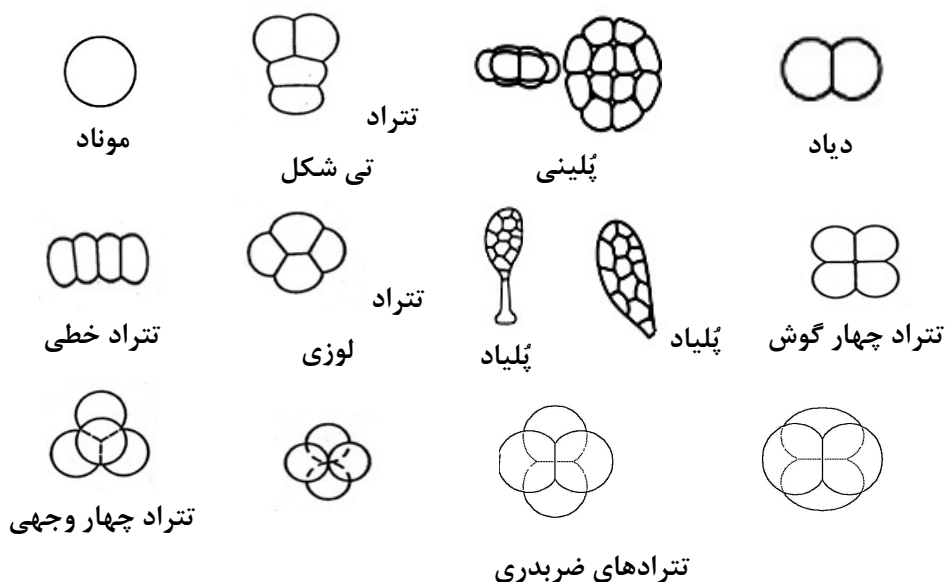
### اسپورها در نهانزادان سلولی (بريوفیت ها) و نهانزادان آوندی (پتريدوفیت ها)

بسیاری از جلبک های یوکاریوت و گیاهان نهانزاد سلولی و آوندی در مراحل از چرخه زندگی خود اسپور تولید می کنند که به دلیل داشتن اسپوروپولینین در دیواره خود مقاوم بوده و گاهی به صورت فسیل هم در آمده اند. مطالعات میکروسکوپی نوری و الکترونی (به خصوص SEM) اسپورها در مطالعات تاکسونومیک اهمیت دارند. دانه های گرده در پیدازادان به دلیل داشتن اگزین در دیواره خود مقاوم بوده و مدت های طولانی و حتی به صورت فسیل قابل مطالعه هستند. دسترسی به میکروسکوپ الکترونی اسکینینگ و انگیزش ناشی از کاربرد آن باعث شد که تاکسونومیست ها اسپورها و دانه های گرده را به عنوان منبعی از ویژگی ها و صفات در نظر گیرند. فراهم بودن تعداد بیشمار دانه ی گرده در نمونه های هرباریومی و روش های نسبتاً سریع آماده سازی نمونه ها به گرده شناسان اجازه می دهد تا در زمانی نسبتاً کوتاه تاکسون های بسیاری را بررسی کنند. صفات تاکسونومیک

موجود در اسپورها و دانه‌های گرده شامل ریخت شناسی دیواره‌ی گرده، قطبیت، تقارن، شکل و اندازه آن‌ها در نمونه‌های جمع‌آوری شده مطالعه می‌گردد (Jones and Luchsinger 1979).

### گرده در نهاندانگان

هر سلول مادر گرده دیپلوئید در کیسه گرده واقع در بساک پرچم‌ها، میوز انجام داده و چهار میکروسپور هاپلوئید را ایجاد می‌کند. در فرآیند تولید گرده یک دیواره سلولزی تتراده را از یکدیگر جدا می‌کند. دانه‌های گرده جدا شده از تتراد به صورت منفرد (monad) نامیده می‌شوند که در گیاهان عمومیت بیشتری دارند اما انواع مختلفی از گرده‌ها در نهاندانگان هنگام آزاد شدن از بساک وجود دارد که در شکل ۱ آمده‌اند.



شکل ۱. انواع مختلف گرده‌ها در نهاندانگان هنگام آزاد شدن از بساک.

### کاربرد مورفولوژی و بیومتری گرده (Pollen morphology-biometry) در سیستماتیک گیاهی

مورفولوژی گرده یکی از مهمترین و اصلی‌ترین شاخه‌های گرده شناسی است. مورفولوژی را می‌توان مادر مطالعات گرده شناسی دانست. تشخیص دقیق دانه‌های گرده گیاهان زنده و فسیل یک ضرورت مهم برای بهره‌برداری از آنهاست. مورفولوژی دانه گرده یک وسیله اصلی برای تشخیص درست و دقیق است. یک خطای کوچک در تشخیص منجر به نتایج اشتباه می‌شود. در مطالعات دانه گرده خصوصیات رنگ، اندازه، شکل و تزئینات اگزین اهمیت دارند. دانه‌های گرده پس از بلوغ و رها شدن دامنه متنوعی از اندازه، شکل، رنگ و تزئینات سطح اگزین را نشان می‌دهند.

### اندازه گرده

در برخی گونه‌ها، اندازه گرده یک معیار قابل اعتماد است. مثلاً در جنس کاج نوئل *Picea* اندازه دانه‌های گرده به تشخیص گونه‌ها کمک کرده است. در نهاندانگان اندازه دانه گرده از ۲۰۰-۵ میکرومتر متغیر می‌باشد. به هر حال تصور می‌شود که اغلب دانه‌های گرده در نهاندانگان امروزی بین ۱۰-۲۵ میکرومتر قطر داشته باشند. تعداد کمی از دانه‌های گرده به طور استثنای حدود ۵ میکرومتر (مانند گیاه فراموشم مکن *Myosotis* از خانواده Boraginaceae که در گونه‌ای از آن حدوداً ۱۸ میکرومتر) قطر دارند. در گیاه فلفل از خانواده Piperaceae و یا در اعضای خانواده Crypteroniaceae و Cunoniaceae کمترین اندازه گرده مشاهده شده است. در حالی که در برخی از خانواده‌ها مانند گل کاغذی Nyctaginaceae، گل مغربی Onagraceae، پنیرک Malvaceae و کدو Cucurbitaceae دانه‌های گرده با اندازه بیش از ۲۰۰ میکرومتر گزارش شده است. بزرگترین گرده در دنیای امروزی گیاهی، متعلق به *Cymbopetalum odoratissimum* از خانواده Annonaceae با قطر بیش از ۳۵۰ میکرومتر می‌باشد. جدول ۱ دسته‌بندی اندازه‌های دانه گرده بر مبنای (Doyle & Walker 1975) را نشان می‌دهد.

جدول ۱- دسته‌بندی اندازه‌های دانه گرده بر مبنای (Doyle & Walker 1975)

۱	Minute grains - < 10 µm	دانه‌های گرده بسیار کوچک کمتر از ۱۰ میکرومتر	۱
۲	Small grains -10-24 µm	دانه‌های گرده کوچک بین ۱۰-۲۴ میکرومتر	۲

3	Medium sized grains -24-49 $\mu\text{m}$	دانه های گرده متوسط بین ۲۴-۴۹ میکرومتر	۳
4	Large grains -50-99 $\mu\text{m}$	دانه های گرده بزرگ بین ۵۰-۹۹ میکرومتر	۴
5	Very large grains -100-199 $\mu\text{m}$	دانه های گرده خیلی بزرگ بین ۱۰۰-۱۹۹ میکرومتر	۵
6	Gigantic grains - > 200 $\mu\text{m}$	دانه های گرده غول پیکر بزرگتر از ۲۰۰ میکرومتر	۶

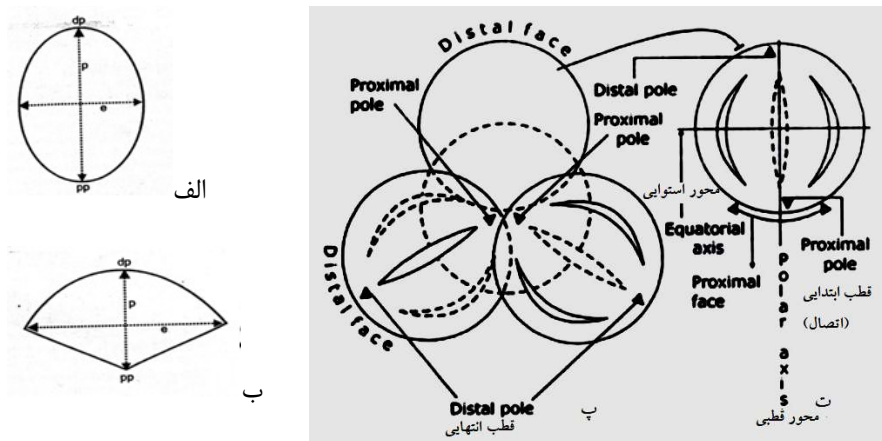
### • شکل گرده

شکل گرده یک خصوصیت مورفولوژیک مهم است که مانند اندازه آنها بسیار متنوع و به اشکال گرد round، بیضی oval (مسطح یا طولیل شده)، کشیده long یا سه گوش triangular، نیمه دایروی semicircular و قایقی شکل boat shaped می باشد. برخی ممکن است دارای چند سطح (مسطح یا دایروی) باشند. در مطالعه و تشخیص دانه های گرده توجه به این نکته ضرورت دارد که آنها یک سیستم بیولوژیکی هستند که بر حسب آنکه از سطح قطبی و یا استوایی در میدان دید قرار گیرند شکل متفاوتی دارند. شکل ۳ انواع اشکال هندسی اسپورها و گرده ها را در دو دید قطبی و استوایی نشان می دهد.

طرح گرده در دید قطبی که اصطلاحاً Amb (ambitus) گفته می شود، معادل Polar view (دید قطبی) می باشد (جهت دید قطبی هم جهت با شکاف گرده است) که می تواند کروی، سه گوش، مربعی، پنج ضلعی، سه لوبی و یا به اشکال دیگر هندسی باشد، اسپورها و گرده ها به طور قابل توجهی در طرح، دیواره و رئوس تفاوت دارند.

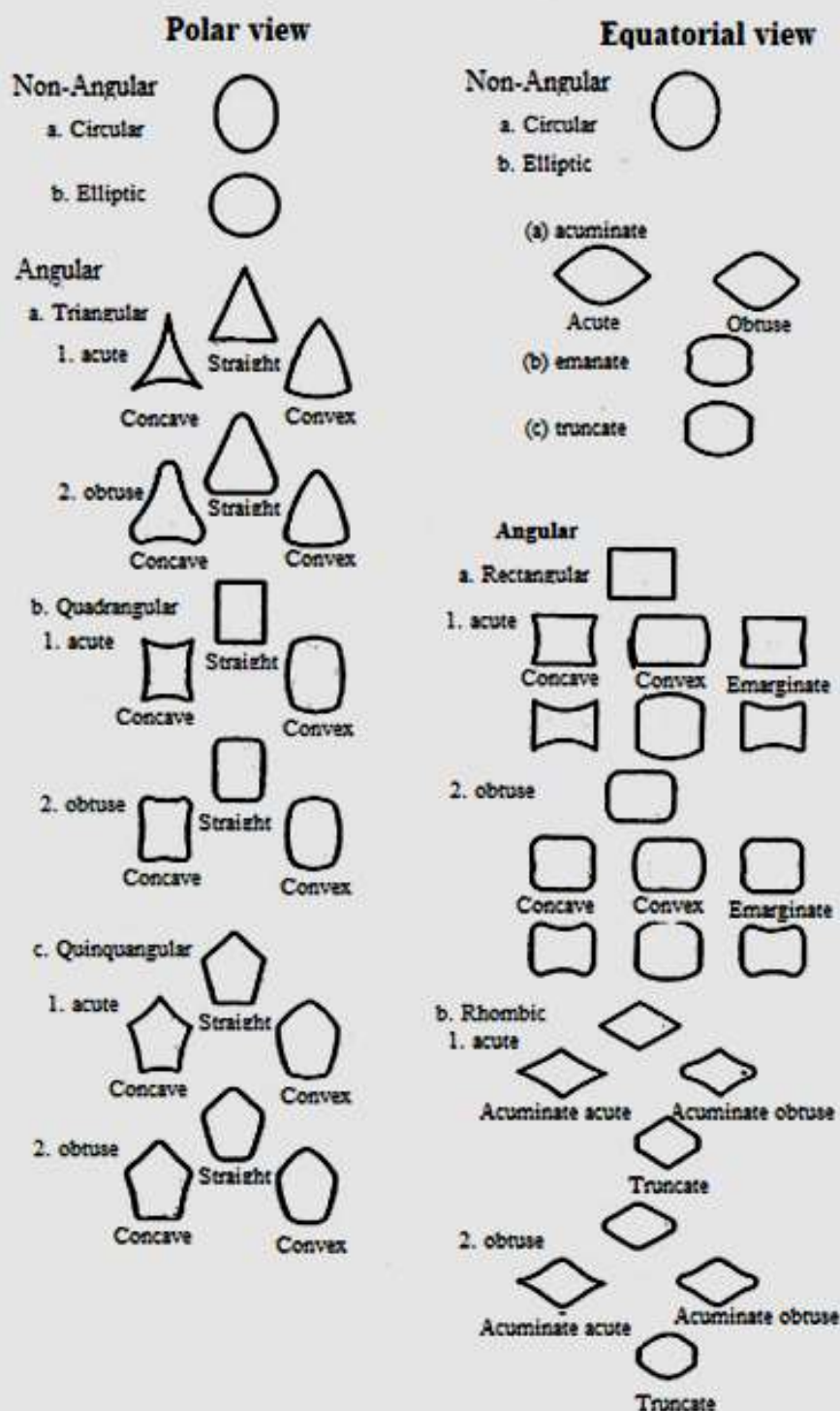
### قطبیت و شکل گرده

در هر دانه گرده یک محور قطبی یا Polar axis، یک محور استوایی Equatorial axis و قطب های انتهایی (distal) و ابتدایی یا محل اتصال (Proximal) وجود دارند. سطوح دیستال و پروکسیمال دیده شده و بر اساس این خصوصیات می توان شکل متفاوت گرده ها و اسپورها را تشخیص داد (شکل های ۴).



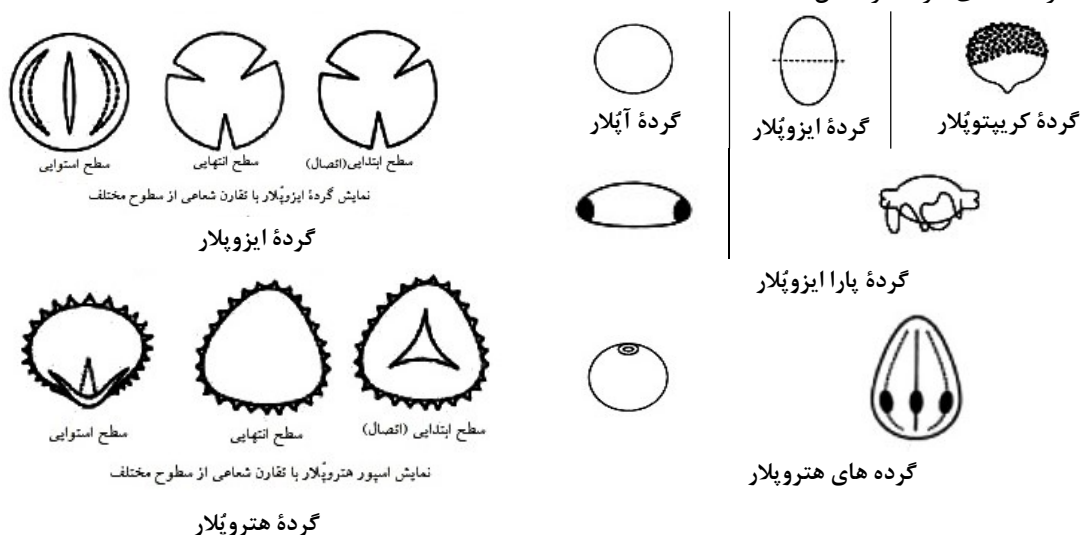
شکل ۴. الف. نمایش محور قطبی (P)، ب. محور استوایی (E)، قطب انتهایی (dp=distal pole) و قطب ابتدایی یا قطب اتصال (pp=proximal pole)، پ. نمایش شماتیک تتراد چهار وجهی که جهت و تعیین قطب ها را در یک دانه گرده سه شیاره در تتراد نشان می دهد، ت. دیاگرام شماتیک نشان دهنده قطب های گرده و چگونگی اندازه گیری طول محور قطبی و قطر استوایی در گرده. انواع مختلف قطبیت در دانه های گرده در شکل ۵ آمده است.

## Pollen Grains & Spores



شکل ۳. اشکال هندسی دانه های گرده و اسپور در دو دید قطبی و استوایی.

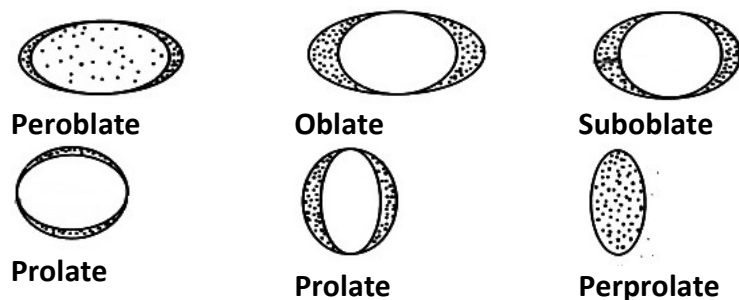
انواع مختلف قطبیت در دانه های گرده در شکل ۵ آمده است.



شکل ۵. نمایش انواع مختلف قطبیت در دانه های گرده.

### تقارن گرده

دانه های گرده یا اسپورها ممکن است به صورت متقارن (Symmetric) یا نامتقارن (Asymmetric) باشند. دانه های گرده نامتقارن هیچ محور یا صفحه تقارنی نداشته و ممکن است شکل ثابت (Fixiform) که اغلب در گیاهان عمومیت دارد و یا شکل بی ثبات (Nonfixiform) یا بدون شکل که یک امر نادر است داشته باشند. مثلاً در *Crypteronia* هیچ محور تقارنی وجود ندارد. گرده های متقارن ممکن است دارای تقارن شعاعی یا radial یا radiosymmetry باشند که بیش از دو صفحه عمودی تقارن داشته و یا با دو صفحه تقارن عمودی که دارای محورهای استوایی با طول برابر هستند تقارن آنها ایجاد می شود. اگر گرده تقارن شعاعی نداشته باشد ممکن است دارای تقارن دوطرفی (Bilateral) که کم و بیش مسطح بوده و دو صفحه تقارن عمودی دارند با این تفاوت نسبت به گرده های دارای تقارن شعاعی که طول محور استوایی این صفحه تقارن ها مساوی نبوده و در آن ها طول محور قطبی (P) و قطر استوایی (E) هم اندازه نیستند. طبق نظر Punt و همکاران (۱۹۹۴) گرده با تقارن دو طرفه، گرده با یک صفحه تقارن اصلی است. تعیین تقارن در برخی گیاهان بسیار مشکل است و نیاز به مطالعات دقیق به خصوص با میکروسکوپ الکترونی اسکنینگ (SEM) دارد. اغلب دو لپه ای ها دارای تقارن شعاعی هستند در حالی که تک لپه ای ها و دولپه ای های اولیه و پتریدوفیت ها تقارن دو طرفی دارند (Walker & Doyle 1975). دانه های گرده با تقارن دوطرفی از یک طرف پهن و از سمت دیگر محدب هستند Plano-convex یا Concave-convex (کاو-کوژ)، یا در دید کناری دو تحدبی هستند. در دید های دیگر شکل های مختلف بیضوی، خطی، تخم مرغی و غیره دیده می شود. شکل ۶ شکل های مختلف گرده بر مبنای  $P/E \times 100$  را نشان می دهد.



شکل ۶. شکل های مختلف گرده بر مبنای  $P/E \times 100$ .

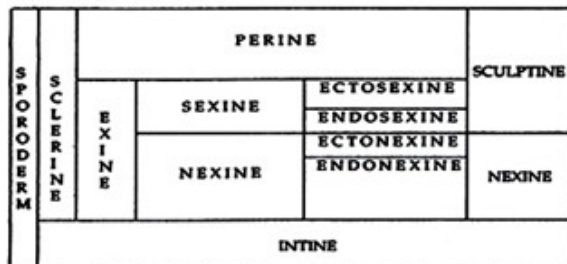
بر مبنای Erdthman 1943 برخی واژه ها برای شرح شکلی دانه های گرده بر اساس نسبت  $P/E$  (the ratio of the polar axis length to the equatorial diameter) می باشد. در دید استوایی نسبت بین طول محور قطبی (P) و قطر استوایی (E)  $100 \times (E)$ ، شناختی از شکل گرده را به دست می دهد. جدول ۲- دسته بندی شکل های دانه های گرده بر مبنای  $P/E$  را نشان می دهد.

جدول ۲. شکل های دانه گرده بر مبنای  $P/E \times 100$

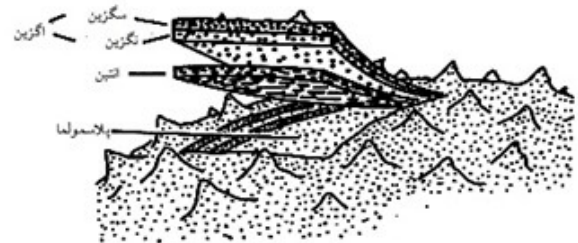
a	Peroblate	$P/E \times 100 = < 50$
b	Oblate	$P/E \times 100 = 70-75$
c	Suboblate	$P/E \times 100 = 89-100$
d	Prolate spheroidal	$P/E \times 100 = 101-114$
e	Subprolate	$P/E \times 100 = 115-133$
f	Prolate	$P/E \times 100 = 134-200$
g	Perprolate	$P/E \times 100 = > 200$

## دیواره گرده

دیواره گرده یکی از مشخص ترین ساختار در گیاهان است. هر گونه گیاه دارای ساختمان منحصر به فرد دیواره گرده خود است که خاص همان گیاه است و این به تشخیص گونه کمک می کند. دیواره گرده در بازدانگان و نهاندانگان بادوام ترین و مقاوم ترین بخش در گیاهان بوده که مواد شیمیایی پیچیده سازنده آن در برابر عوامل شیمیایی، فیزیکی و حتی اسیدهای قوی مقاوم است. لایه بندی اسپرودرم بر مبنای Erdtman 1952 در جدول - ۳ آمده است. همچنین ساختار کلی دیواره گرده که لایه های مختلف آن را نشان می دهد در شکل ۷ آمده است.



Sexine = from S in Sculptured exine  
Nexine = from N in Non-sculptured exine.

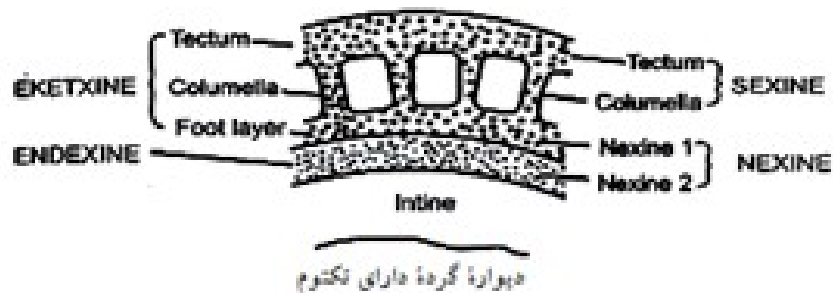


Sexine = from S in Sculptured exine

Nexine = from N in Non-sculptured exine

جدول - ۳. لایه بندی اسپرودرم بر مبنای Erdtman 1952.

شکل ۷. نمایش لایه بندی ساختار کلی دیواره دانه گرده.



شکل ۹. ساختار دیواره گرده دارای تکتوم، دیواره گرده تکتوم دار که از ترکیب عناصر چین خورده سگزین مانند ستونک ایجاد شده و تشکیل سقفی در بالای انداگزین را می دهد.



	Di-		Tri-		Tetra-		Penta-		Hexa-		Poly-	
	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.
Zonoporate												
	e.g. Colchicum		e.g. Betula		e.g. Alnus, Ulmus							
Zonocolpate												
	e.g. Tofieldia		e.g. Acer		e.g. Hippuris		e.g. Labiatae, Rubiaceae					
Zonocolporate												
			e.g. Parnassia		e.g. Rumex		e.g. Viola		e.g. Sanguisorba officinalis		e.g. Utricularia	
Pantoporate												
			e.g. Urtica		e.g. Plantago				Chenopodiaceae			
Pantocolpate												
					e.g. Ranunculaceae				e.g. Spargula		e.g. Polygonum amphibium	
Pantocolporate												
					e.g. Rumex				e.g. Polygonum oxyspermum			

Moore et al شکل ۱۲. نمایش تعداد و وضعیت های مختلف شیار و سوراخ در دانه های گرده در دو دید قطبی و استوایی در نهاندانگان (برگرفته از 1991.)

### تزئینات سطح دیواره گرده Exine ornamentation

سطح اگزین به طور قابل ملاحظه ای در ساختار متنوع است. علاوه بر سوراخ ها (pores)، شکاف ها (colpi) و شیارها (apertures)، دسته ای از برآمدگی ها و فرورفتگی ها در سطح گرده وجود دارد که تزئینات اگزین (exine ornamentation=sculpturing) نامیده می شود. این چین خوردگی ها و تزئینات سطح اگزین در گرده های بدون تکتوم، دارای تکتوم و نیمه تکتوم دار، تیپ های مختلفی از دانه های گرده را در گیاهان مختلف پدید می آورند. سطح اگزین ممکن است صاف (smooth)، دانه دار (granular)، مخطط (striped)، دارای تور (mesh)، مشبک (network)، دارای سوراخ های کوچک یا توپر (pits)، نقطه نقطه (منقوط=dotted) که در اصل پایه های خارهایی هستند که به طور کامل در دید کناری دیده می شوند و غیره باشند. وقتی که اگزین از کنار دیده شود ممکن است نازک و یا مرکب از دو لایه و یا بیشتر به نظر برسد که ممکن است به وسیله میله های ضخیم، نازک و یا دانه تسبیحی جدا شوند. شکل ۱۷ طرح ها و جزئیات چین خوردگی های متنوع گرده را در دید سطحی و بخش قابل رؤیت نشان می دهد. این تزئینات برای توضیح چین خوردگی ها در اسپورها و گرده ها کاربرد دارند.



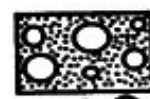
Verrucae



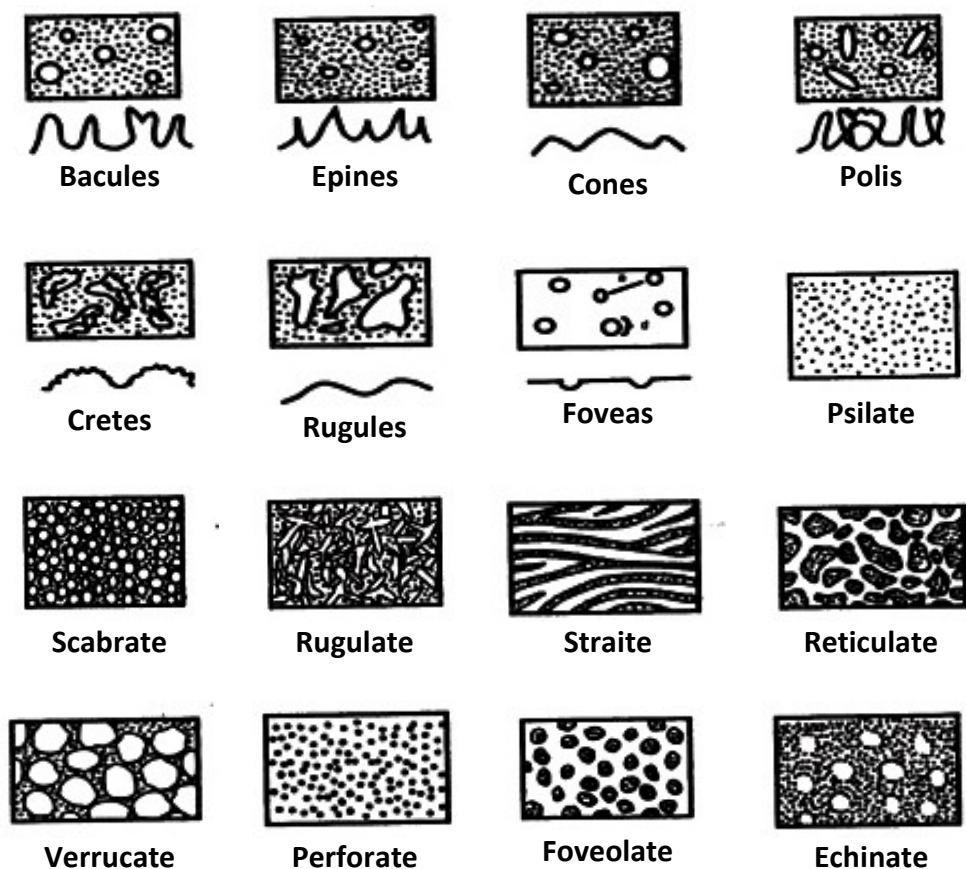
Grains



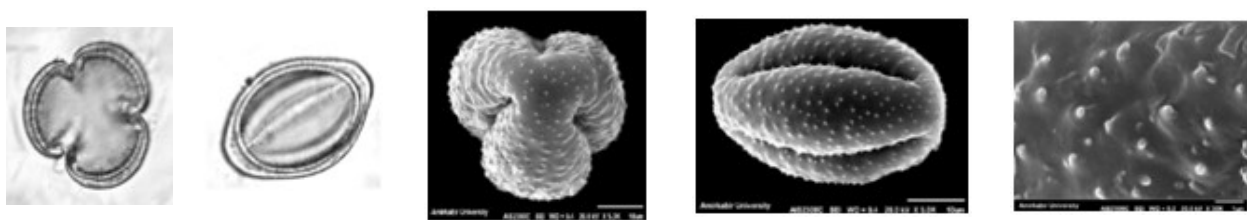
Tubercles



Massulae



شکل ۱۷. طرح های مختلف چین خوردگی و تزیینات سطح اگزین گرده دید سطحی و بخش قابل رؤیت.



*Ranunculus trichophyllus*



*Thalictrum sultanabadense*

مثال: عکس گرده در دو دید قطبی و استوایی و تزیینات سطح آن در تاکسون های مورد مطالعه خانواده Ranunculaceae در ایران به روش میکروسکوپ نوری و الکترونی