



تکنولوژی بذر

(کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی-زراعت)

دکتر حمید دهقانزاده

«امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.»^۱

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چند هزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

نه	پیشگفتار
۱	فصل اول: تشکیل بذر
۱	هدف کلی
۱	هدف‌های یادگیری
۱	مقدمه
۲	۱-۱ بذر
۳	۲-۱ محرک‌های گل‌انگیزی
۳	۱-۲-۱ محرک‌های طبیعی
۴	۲-۲-۱ محرک‌های شیمیایی
۵	۳-۱ ساختمان گل
۶	۴-۱ گرده‌افشانی
۷	۵-۱ لقاح
۸	۶-۱ مراحل نمو بذر
۹	۱-۶-۱ نمو ساختارهای بذر (مرحله I)
۹	۲-۶-۱ مرحله خطی نمو بذر (مرحله II)
۱۰	۳-۶-۱ رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله III)
۱۱	۷-۱ رشد بذر
۱۲	۱-۷-۱ سرعت رشد بذر
۱۴	۲-۷-۱ دوره پرشدن بذر
۱۵	۸-۱ ساختمان بذر
۱۵	۱-۸-۱ جنین
۱۶	۲-۸-۱ بافت‌های ذخیره‌ای
۱۷	۳-۸-۱ پوشش‌های بذر
۱۷	۹-۱ ترکیبات شیمیایی بذر

۲۰	۱-۹-۱ کربوهیدرات‌ها
۲۲	۲-۹-۱ چربی‌های ذخیره‌ای بذر
۲۴	۳-۹-۱ پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر
۲۵	۴-۹-۱ ترکیبات دیگر شیمیایی بذر
۲۶	خلاصه فصل اول
۲۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۳۱	فصل دوم: جوانه‌زنی و خواب بذر
۳۱	هدف کلی
۳۱	هدف‌های یادگیری
۳۱	مقدمه
۳۲	۱-۲ تعریف جوانه‌زنی
۳۲	۲-۲ الگوهای جوانه‌زنی
۳۳	۳-۲ نیازهای جوانه‌زنی
۳۳	۱-۳-۲ رسیدن بذر
۳۳	۲-۳-۲ نیازهای محیطی
۳۷	۴-۲ الگوی جوانه‌زنی بذر
۳۷	۱-۴-۲ جذب آب
۳۹	۲-۴-۲ فعالیت آنزیمی
۴۰	۳-۴-۲ تجزیه بافت‌های ذخیره‌ای
۴۲	۴-۴-۲ شروع رشد جنین
۴۲	۵-۴-۲ خروج ریشه‌چه
۴۴	۶-۴-۲ استقرار گیاهچه
۴۴	۵-۲ خواب بذر
۴۴	۱-۵-۲ خواب القایی
۴۵	۲-۵-۲ خواب ارثی ناشی از جنین نارس
۴۵	۳-۵-۲ خواب فیزیولوژیکی
۴۶	۴-۵-۲ خواب ثانویه
۴۶	۶-۲ روش‌های شکستن خواب بذر
۴۶	۱-۶-۲ خراش‌دهی
۴۷	۲-۶-۲ استراتیفیکاسیون
۴۸	۳-۶-۲ آب‌شویی
۴۸	۴-۶-۲ پس‌رسی در انبار
۴۹	۵-۶-۲ استفاده از ترکیبات شیمیایی و هورمون‌ها
۴۹	۷-۲ پرایمینگ
۵۰	۱-۷-۲ انواع روش‌های پرایمینگ بذر
۵۱	۸-۲ اهمیت ضد‌عفونی بذر

۵۲	۲-۸-۱ ضد عفونی بذر
۵۳	۲-۸-۲ روش های ضد عفونی بذر
۵۴	۲-۹ تولید بذر
۵۵	۲-۹-۱ طبقات مختلف بذر
۵۶	۲-۹-۲ مراحل تولید بذر گواهی شده در ایران
۶۰	خلاصه فصل دوم
۶۱	خود آزمایی چهارگزینه ای فصل دوم
۶۵	فصل سوم: طول عمر و انبارداری بذر
۶۵	هدف کلی
۶۵	هدف های یادگیری
۶۵	مقدمه
۶۶	۳-۱ عوامل مؤثر بر انبارداری بذر ها
۶۶	۳-۱-۱ کیفیت اولیه بذر
۶۸	۳-۱-۲ عوامل ژنتیکی
۶۹	۳-۱-۳ ساختار بذر
۶۹	۳-۱-۴ ترکیبات شیمیایی بذر
۷۰	۳-۱-۵ رطوبت بذر
۷۰	۳-۱-۶ رطوبت نسبی و دما
۷۲	۳-۱-۷ پاتوژن ها
۷۳	۳-۲ زوال بذر
۷۴	۳-۳ علائم زوال بذر
۷۴	۳-۳-۱ از دست رفتن فعالیت آنزیمی
۷۵	۳-۳-۲ کاهش تنفس
۷۵	۳-۳-۳ افزایش مواد تراوش شده از بذر
۷۶	۳-۳-۴ افزایش اسیدهای چرب آزاد
۷۶	۳-۴ نگهداری بذر در انبار
۷۷	۳-۴-۱ انبارداری در شرایط کنترل شده
۷۸	۳-۴-۲ انبارداری کریوژنیک
۷۹	۳-۴-۳ انبارداری در ظروف مهر و موم شده
۸۰	۳-۴-۴ انبارداری در ظرف با کمک مواد جاذب رطوبت
۸۰	۳-۵ زنده نگه داشتن بذر
۸۱	۳-۶ رفتارهای ذخیره ای بذر
۸۲	۳-۶-۱ بذور ارتودوکس
۸۲	۳-۶-۲ عوامل مؤثر بر طول عمر بذور ارتودوکس
۸۳	۳-۶-۳ بذور ریکال سیتترات
۸۳	۳-۶-۴ عوامل مؤثر بر طول عمر بذور ریکال سیتترات

۸۵	خلاصه فصل سوم
۸۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۹۱	فصل چهارم: آزمون‌های بذر
۹۱	هدف کلی
۹۱	هدف‌های یادگیری
۹۱	مقدمه
۹۲	۴-۱ آزمون جوانه‌زنی
۹۲	۴-۲ آزمون‌های حیات بذر
۹۲	۴-۲-۱ آزمون تترازولیوم
۹۴	۴-۲-۲ آزمون جداسازی جنین
۹۴	۴-۲-۳ آزمون اشعه ایکس
۹۵	۴-۲-۴ آزمون کلرید آهن
۹۶	۴-۲-۵ آزمون ایندوکسیل استات
۹۶	۴-۳ آزمایشات بنیه بذر
۹۷	۴-۳-۱ عوامل مؤثر بر بنیه بذر
۹۷	۴-۳-۲ آزمون‌های تنش
۹۹	۴-۳-۳ آزمون تترازولیوم
۱۰۰	۴-۳-۴ آزمون تنفس
۱۰۰	۴-۳-۵ سرعت جوانه‌زنی
۱۰۱	۴-۳-۶ شمارش اول
۱۰۱	۴-۳-۷ آزمون هدایت الکتریکی
۱۰۳	۴-۳-۸ آزمون تسریع پیری
۱۰۳	۴-۳-۹ آزمون سرعت رشد گیاهچه
۱۰۴	۴-۴ آزمون‌های بیماری‌شناسی بذر
۱۰۵	۴-۴-۱ بازرسی ظاهری بذرهای خشک
۱۰۶	۴-۴-۲ آزمون بلوتر
۱۰۶	۴-۴-۳ آزمون آگار
۱۰۸	۴-۴-۴ آزمون‌های شدت بیماری‌زایی
۱۰۸	۴-۴-۵ آزمون بررسی علائم بیماری گیاهچه
۱۱۰	۴-۴-۶ روش‌های سرم‌شناسی
۱۱۰	۴-۴-۷ آزمون تزریق به گیاه
۱۱۱	۴-۴-۸ آزمون‌های رشد بذر
۱۱۱	خلاصه فصل چهارم
۱۱۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۱۷	پاسخنامه
۱۱۹	منابع

پیشگفتار

بذر گیاهان زراعی بیش از ۸۰ درصد احتیاجات غذایی انسان را تأمین می‌کند. با توجه به وابستگی تغذیه انسان به دانه گیاهان زراعی، توجه بیشتر به دانه و یا همان بذور گیاهان از ضرورت‌های نیل به خودکفایی است. نیل به کشاورزی موفق، نیازمند در اختیار داشتن بذرهایی است که ضمن دارابودن استانداردهای لازم فیزیکی، بیولوژیکی، مورفولوژیکی و اندوخته غذایی، کمترین خسارت‌های مکانیکی، بیولوژیکی و زوال را داشته‌باشد. بنابراین تقویت دانش ما در زمینه شناخت بذر، از مرحله تولید تا تحویل آن به کشاورز لازمه حصول به یک صنعت موفق بذر است. کتاب تکنولوژی بذر برای تدریس درسی با همین عنوان برای دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت تدوین شده‌است. در تدوین کتاب سعی شده‌است از بیشتر کتاب‌های موجود درباره علوم بذر استفاده شود. سعی شد مطالب طبق سرفصل وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و برای قسمت تئوری درس تهیه شود. کتاب حاضر در چهار فصل تدوین شده‌است. در فصل اول مراحل تشکیل بذر، رشد بذر و ترکیبات شیمیایی بذر بیان شده‌است. فصل دوم شامل جوانه‌زنی، عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی، خواب بذر و عوامل و راه‌های رفع خواب توضیح داده شده‌است. در فصل سوم طول عمر بذر، عوامل مؤثر بر انبارداری و رفتارهای ذخیره‌ای بذر بیان شده‌است. فصل چهارم آزمون‌های مختلف توضیح داده شده‌است. عناوین گوناگون و شاید مطالب بیشتری برای کامل‌تر کردن این فصول وجود دارد که به علت حجم کردن کتاب، ترجیح داده شد که مورد بحث قرار نگیرد. هرگونه پیشنهاد و انتقاد در جهت ارتقا و بهبود کیفیت مطالب علمی کتاب از طرف خوانندگان

محترم، مورد استقبال گرم مؤلف قرار خواهد گرفت. در خاتمه از مسئولان محترم دانشگاه پیام‌نور که در چاپ این کتاب همکاری صمیمانه داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

دکتر حمید دهقان‌زاده
هیأت علمی دانشگاه پیام‌نور

فصل اول

تشکیل بذر

هدف کلی

آشنایی با تعاریف مختلف بذر، عوامل مؤثر بر گل‌انگیزی، نحوه تشکیل و مراحل نمو بذر در گیاهان و شناخت ساختارهای بذر.

هدف‌های یادگیری

در پایان این فصل دانشجو با موارد زیر آشنا می‌شود:

- عوامل محیطی و گیاهی مؤثر بر گل‌انگیزی
- نحوه تشکیل بذر و مراحل نمو بذر
- ترکیبات شیمیایی بذر

مقدمه

بذر نتیجه نهایی فعالیت‌های یک نسل گیاه و آغازی برای نسل جدید است. بذر پایه و اساس تولید محصولات زراعی است و به‌عنوان اولین نهاده کشاورزی در انتقال صفات ژنتیکی گیاه حائز اهمیت است. بنابراین، بذر جایگاهی مهم در سیر زندگی گیاهان به خود اختصاص داده‌است. برخی معتقد هستند که بذر تنها نهاده‌ای است که بدون مصرف هزینه‌ای اضافی در افزایش تولید و درجهت رسیدن به عملکرد اقتصادی قابل قبول نقش اساسی ایفا می‌کند، به‌طوری‌که بدون وجود یک بذر خوب حتی با ارائه روش‌های نوین

به زراعی نمی‌توان به‌عملکرد مطلوب دست یافت. ازطرفی بذر یک نقش دوگانه در گیاهان زراعی برعهده دارد: به‌عنوان بذر کاشتنی موجب تجدید نسل گیاه زراعی می‌شود و نیز اندامی از گیاه است که به‌عنوان عملکرد اقتصادی برداشت می‌شود. بااین‌حال رشد و نمو^۱ بذر روی گیاه یکسان است. اما این دو یعنی، بذور کاشتنی^۱ و یا دانه‌های غیربذری^۲، از دیدگاه مدیریت زراعی یکسان نیستند. نسبت‌های کیفیتی این دو یکسان نیست و درنتیجه همیشه عملیات مدیریتی تولید بذور کاشتنی با کیفیت بالا با مدیریت تولید دانه‌های غیربذری یکسان نیست. بذور کاشتنی باید از لحاظ ژنتیکی خالص و زنده باشند، درحالی‌که این موارد برای دانه‌های غیربذری اهمیتی ندارد.

۱-۱ بذر

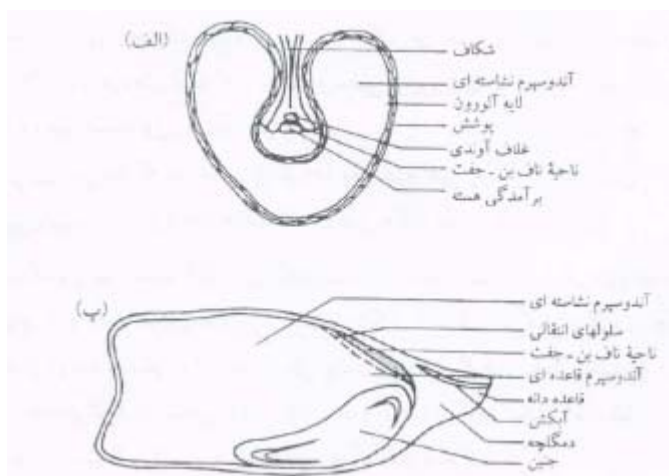
در کشاورزی به هر قسمت یا عضوی که بعد از کاشت بتواند گیاه مشابه خود را به‌وجود آورد در اصطلاح بذر گویند، که ممکن است دانه، پیاز، غده زیرزمینی، ساقه زیرزمینی، قلمه و امثال آن باشد. به‌طورکلی از لحاظ علمی و عملی می‌توان بذر را آن قسمتی نامید که به‌وسیله اعضای زایشی گیاه به‌وجود می‌آید و درواقع گیاه زنده رشد نکرده‌ای است که همانند پلی بین نسل‌های مختلف عمل کرده و بقای گیاه را تضمین می‌کند (کافی و همکاران، ۱۳۸۰).

بذور در اندازه خود (وزن هر دانه) دامنه از کوچک، کمتر از ده میلی‌گرم وزن هر دانه، (ارزن، کلزا و کنجد) تا خیلی بزرگ، بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم وزن هر دانه نشان می‌دهند. بذور گندمیان اغلب اندازه به‌نسبت کوچکی دارند (کمتر از ۵۰ میلی‌گرم وزن هر دانه)، به‌استثنای ذرت که با وزن بذر ۲۰۰ میلی‌گرم یک استثنای بارز در این زمینه است. بذور بقولات بزرگ‌تراند و بعضی از گونه‌ها بذوری با وزن بیش از ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم تولید می‌کنند. اما نخود و عدس که بذوری با وزن کمتر از ۵۰ میلی‌گرم تولید می‌کنند استثنا هستند. گندمه گیاهان خانواده گندمیان یک بذر نیست، بلکه یک میوه است، به‌شکلی که پوسته میوه^۳ به پوسته رشد نکرده‌ای که اطراف آندوسپرم و جنین را فرار گرفته‌است، جوش خورده‌است (شکل ۱-۱ الف و ب).

۱. Seed: دانه‌ای که مصرف بذری جهت کشت و کار دارد و حتماً باید زنده باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۰).

۲. Grain: به دانه به‌شکل اعم اشاره دارد. این دانه ممکن است مصرف بذری داشته‌باشد و یا مصارف تغذیه‌ای، اما بیشتر برای دانه‌های غیربذری به‌کار می‌رود (کافی و همکاران، ۱۳۸۰).

۳. Pericarp: دیوار میوه است که از رشد دیواره تخمدان حاصل می‌شود و دیواره‌های داخلی، میانی و خارجی را تشکیل می‌دهد. دارای نوع خشک، چوبی و گوشتی است.



شکل ۱-۱. الف): مقطع عرضی از یک بذر نمو یافته گندم در نقطه میانی بین ناحیه رأس و قاعده برای نشان دادن ارتباط بین بافت آوندی و آندوسپرم نشاسته ای (اقتباس از کافی و همکاران، ۱۳۸۰) ب) برش طولی یک بذر در حال نمو ذرت (اقتباس از اگلی، ۲۰۰۱)

۲-۱ محرک های گل انگیزی

۱-۲-۱ محرک های طبیعی

نمو بذر با تولید آغازی های گل^۱ در مرحله قبل از گل شکفتگی^۲ آغاز می شود. شروع گل دهی و تشکیل بذر فرایند پیچیده ای است که تحت تأثیر سن گیاه، شرایط محیطی در طی رشد گیاه نظیر دما و طول روز، قابلیت دسترسی به منابع فتوسنتزی در طی رشد قرار دارد. اغلب، در بسیاری از گیاهان زارعی تا زمانی که رشد رویشی قابل توجهی انجام نشود، شکل گیری گل و به دنبال آن بذرها آغاز نمی شود. در برخی از گیاهان مثل اکثر گیاهان یک ساله، مرحله زایشی در انتهای چرخه زندگی گیاه قرار دارد. گیاهان برای وارد شدن به مرحله گل دهی به شرایط محیطی خاص از قبیل دما و طول روز نیاز دارند. بسیاری از گیاهان برای انتقال از مرحله رویشی به مرحله زایشی باید بهاره سازی شوند. بهاره سازی به معنی تحریک گل دهی برخی از غلات زمستانه از طریق قراردادن بذر خیس شده و یا جوانه زده آن ها تحت شرایط سرما است؛ اما مفهوم گسترده تر آن انگیزه گل دهی در هرگونه گیاهی یک ساله زمستانه، دوساله و یا حتی چندساله از طریق

1. Leaf primordia
2. Antheses

قرارگرفتن در دمای پایین است. همچنین لازم به ذکر است تکمیل چرخه حیاتی هر رقم، با دریافت مقدار معینی دما است. به عبارت دیگر، برای اینکه گیاه از یک مرحله رشد به مرحله رشد دیگر وارد شود حتماً باید مقدار معینی گرما را دریافت کند، که این گرما با درجه روز رشد^۱ بیان می شود (کاپلند و مک دولاند، ۱۹۹۴).

طول روز عامل دیگری است که باعث القای گل دهی در گیاهان می شود. گونه های گیاهی برحسب نیازشان به طور روز به گیاهان روز بلند، روز کوتاه و روز خنثی طبقه بندی می شوند. تفاوت اساسی بین گیاهان روز بلند و روز کوتاه آن است که در گیاهان روز بلند، گل دهی زمانی پیش می رود که طول روز از یک حد مشخص به نام طول روز بحرانی بیشتر باشد، در حالی که در گیاهان روز کوتاه، گل دهی هنگامی پیش می رود که طول روز کمتر از طول روز بحرانی باشد. البته در واقع، طول شب و یا طول دوره تاریکی، عامل مؤثر بر گل دهی است. پس از مشخص شدن تأثیر فتوپریودیسم بر گل دهی، مشخص شد این واکنش به وسیله ماده گیرنده نوری به نام فیتوکروم کنترل می شود. در گیاهان، دو شکل از فیتوکروم وجود دارد که در اثر نور به یکدیگر تبدیل می شود. فیتوکروم P_r گیرنده نور قرمز - نارنجی (۶۸۰-۶۰۰ نانومتر) است که از گل دهی در گیاهان روز بلند جلوگیری می کند. در مقابل، فیتوکروم P_{Fr} گیرنده نور قرمز دور (۷۶۰-۷۰۰ نانومتر) است که باعث تحریک گل دهی در گیاهان روز بلند می شود. تبدیل فیتوکروم P_{Fr} به فیتوکروم P_r در تاریکی صورت می گیرد اما سرعت آن نسبت به وقتی که نور قرمز دور این تبدیل را انجام می دهد، به مراتب آهسته تر است. این تفاوت سرعت تبدیل، اساس عکس العمل نسبت به طور روز یا تناوب نوری و نیز واکنش به کیفیت نور (رنگ) در کنترل گل دهی است (اکرم قادری و همکاران، ۱۳۹۰).

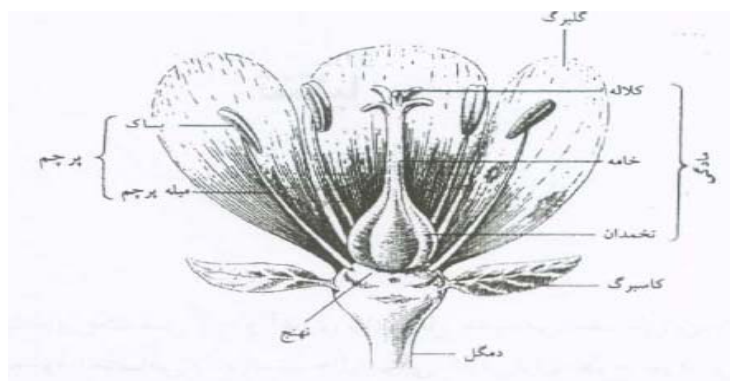
۱-۲-۲ محرک های شیمیایی

برخی از مواد شیمیایی مصنوعی و طبیعی می توانند سبب گل انگیزی شوند. بعضی از این مواد ترکیبات شبه اکسینی نظیر ایندول استیک اسید و نفتالیک استیک اسید هستند. جیبرلیک اسید نیز در غلظت های معینی ممکن است سبب گل انگیزی شود. جیبرلیک اسید، گل دهی گیاهان روز بلند را که تحت شرایط روز کوتاه نگه داشته شده اند، جلو می اندازد. البته در شرایط مشابه، از گل دهی گیاهان روز کوتاه جلوگیری می کند.

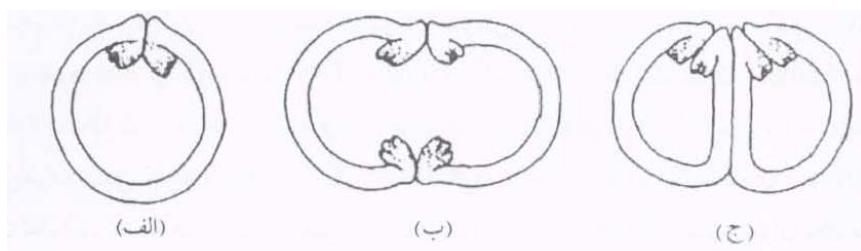
سیتوکینین‌ها، اتیلن، استیلن و ۲ و ۳ و ۵ تری‌یدوبنزوئیک اسید از جمله سایر موادی هستند که باعث گل‌دهی یا افزایش تولید گل می‌شوند. در مقابل مالیک هیدرازید بازدارنده گل‌دهی است (سرمدنیا، ۱۳۷۵).

۳-۱ ساختمان گل

گل‌ها از چهار عضو گلبرگ‌ها^۱، کاسبرگ‌ها^۲، پرچم‌ها^۳ و یک مادگی^۴ تشکیل شده‌اند (شکل ۱-۲). به مجموع گلبرگ‌ها که اغلب اوقات آشکار هستند جام گل گفته می‌شود. مجموعه کاسبرگ‌ها که به‌طور معمول (ولی نه همیشه) کمتر دیده می‌شوند، کاسه گل نام دارد. پرچم‌ها اندام نر گیاه هستند که گرده تولید کرده و از دو قسمت بساک و میله تشکیل شده‌اند. مادگی قسمت ماده گل بوده و شامل کلالة، که گیرنده دانه گرده است، خامه و تخمدان است. تخمدان که ممکن است یک یا چندبرچه داشته باشد، ساختمانی شبیه برگ تغییرشکل یافته دارد. در صورتی که تخمدان از یک برچه تشکیل شده باشد، از نوع ساده بوده و فقط یک حجره یا حفره دارد. تخمدان مرکب از دو یا تعداد بیشتری برچه ساخته شده و ممکن است براساس قرارگرفتن برچه‌ها یک یا چندحفره داشته باشد (شکل ۱-۳). به خارجی‌ترین دیواره تخمدان، پریکارپ گفته می‌شود.



شکل ۱-۲. نمایی کلی از یک گل کامل



شکل ۱-۳. (الف) برچه ساده با یک حفره یا حجره (ب) برچه مرکب با یک حفره (ج) برچه مرکب با دو حفره

گل‌هایی که مادگی، پرچم، گلبرگ و کاسبرگ را داشته باشند گل‌های کامل بوده و در صورتی که گل فاقد یکی از این چهار قسمت باشد، ناقص خواهد بود. گل‌هایی که هم شامل پرچم (اندام نر) و هم مادگی (اندام ماده) هستند، گل‌های تمام^۱ و گل‌های تک جنسی که یا پرچم و یا مادگی دارند، گل ناتمام^۲ نامیده می‌شوند. گونه‌هایی مثل ذرت که هر دو گل نر و ماده روی یک گیاه قرار دارند، یک پایه و آن‌هایی که گل‌های تک جنسی آن‌ها روی دو پایه قرار دارد دوپایه‌اند، مثل درخت راج.

۱-۴ گرده افشانی

به انتقال گرده از بساک به کلاله مادگی گرده افشانی^۳ گفته می‌شود. گیاهان براساس نحوه گرده افشانی به دودسته تقسیم می‌شوند. دسته اول، گیاهانی هستند که دانه گرده به کلاله همان گل منتقل می‌شود و بدون کمک عوامل خارجی لقاح صورت می‌گیرد. به این گیاهان، «گیاهان خودگشن» گفته می‌شود. گندم، توتون و سیب زمینی از این گروه هستند. این حالت بیشتر در موارد زیر مشاهده می‌شود (فارسی و باقری، ۱۳۸۳):

۱. گل‌ها هم‌افروdit باشند؛
۲. گل‌ها قبل از باز شدن تلقیح شوند؛
۳. دانه گرده و تخمک هم‌زمان برسند؛
۴. گل‌های نر و ماده با هم سازگاری داشته باشند؛ و ساختمان گل مناسب باشد (پرچم بلند و مادگی کوتاه باشد).

دسته دوم، گیاهانی هستند که دانه گرده از یک گل به کلاله گل دیگر در همان گیاه و یا گیاه دیگر منتقل می‌شود. به این گیاهان، «گیاهان دگرگشن» گفته می‌شود. از این گیاهان می‌توان به ذرت، چاودار و یونجه اشاره کرد. این حالات بیشتر در موارد زیر مشاهده می‌شود (فارسی و باقری، ۱۳۸۳):

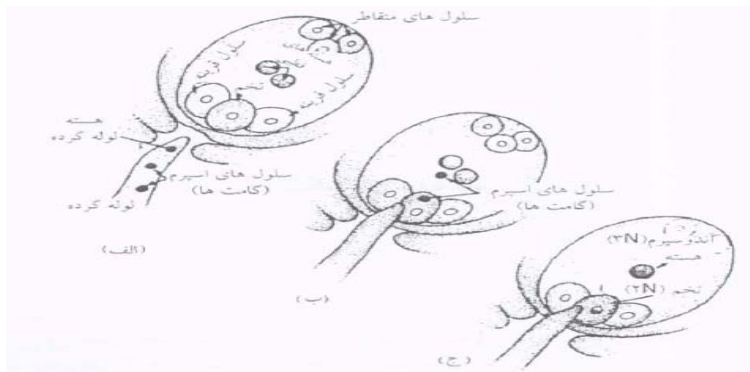
۱. گیاه دوپایه و یا تک‌پایه بوده اما دارای گل‌های تک‌جنسی باشد؛
 ۲. تخمک و دانه گرده در یک زمان نرسند؛
 ۳. گامت‌های نر و ماده یک گل با هم‌سازگاری نداشته‌باشند؛
 ۴. ساختمان گل نامناسب باشد. برای مثال، کلاله بالاتر از بساک قرار گرفته‌باشد.
- انتقال دانه گرده به کلاله گل دیگر توسط عوامل گرده‌افشان صورت می‌گیرد. این عوامل شامل باد، حشرات، پرندگان و آب هستند.

۱-۵ لقاح

لقاح^۱ زمانی انجام می‌گیرد که گامتوفیت‌های نر و ماده به‌طور کامل رسیده باشند. انجام این عمل، اغلب در طی فرایندی که به‌عنوان لقاح مضاعف شناخته می‌شود صورت می‌گیرد (شکل ۱-۴). در داخل بساک نارس چهارحفره حاوی تعداد میکروسپور یا سلول‌های مادری گرده وجود دارد. هر سلول مادری، طی تقسیم میوز چهارمیکروسپور تولید می‌کند. هر میکروسپور پس از ضخیم‌شدن دیواره‌اش و تقسیم هسته آن به دوهسته زایشی و یک هسته رویشی، به یک دانه گرده بالغ تبدیل می‌شود. وقتی که دانه گرده بر روی کلاله قرار می‌گیرد، به‌وسیله تولید لوله گرده جوانه می‌زند، این لوله در داخل خامه رشد کرده و از طریق سفت به داخل کیسه جنینی نفوذ کرده و بافت خورش، دقیقاً رأس لوله گرده را به‌سمت پائین هدایت می‌کند. هسته رویشی لوله گرده به‌زودی تحلیل‌رفته اما دوهسته زایشی دانه گرده، وارد کیسه جنینی می‌شوند. فرایند تولید گامت ماده یا تخم‌زا در داخل تخمک مشابه فرایند تولید دانه گرده در بساک است. در داخل هر تخمک یک سلول مادری مگاسپور^۲ وجود دارد که همانند سلول مادری میکروسپور توسط تقسیم میوز به چهارمگاسپور تقسیم می‌شود. سه مگاسپور از چهارمگاسپور تولیدشده ازبین‌رفته و مگاسپور چهارم بعد از سه تقسیم میتوزی به کیسه جنین هشت هسته‌ای تبدیل می‌شود. سلول تخم‌زا و دوهسته قرینه نزدیک.

1. Syngamy

2. Megaspore mother cell



شکل ۱-۴. لقاح مضاعف: (الف) لوله گرده با دو گامت و هسته لوله در تماس با سفت، (ب) گامت‌ها با تخم و هسته‌های قطبی مرتبط می‌شوند، (ج) لقاح مضاعف اتفاق می‌افتد.

سفت^۱ (میکروپیل)، سه هسته متقاطر^۲ در انتهای دیگر و دوهسته قطبی در وسط کیسه جنینی قرار می‌گیرند. پس از انتقال دوهسته زایشی به کیسه جنینی، یکی از هسته‌ها با سلول تخم ترکیب شده و زیگوت را تشکیل می‌دهد. این فرایند را باروری گویند. یکی دیگر از این هسته‌ها با هسته‌های دیپلوئید قطبی ترکیب شده و بافت آندوسپرم تریپلوئید را تولید می‌کند. هسته اولیه آندوسپرم بعد از یک سلسله تقسیم میتوزی، هسته‌های متعددی را به وجود می‌آورد. بافت آندوسپرم از تشکیل دیواره سلولی دور این هسته‌ها حاصل می‌شود. آندوسپرم حاوی مواد غذایی مانند نشاسته، روغن و پروتئین است.

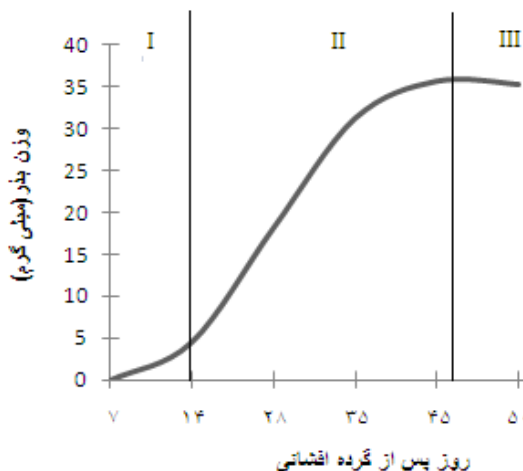
۱-۶ مراحل نموی بذر

بعد از گرده‌افشانی و لقاح، رشد دانه آغاز می‌شود. به‌طور کلی، رشد دانه از یک منحنی سیگموئیدی تبعیت می‌کند (شکل ۱-۵)، که شامل مرحله I (مرحله تأخیری)، مرحله II (مرحله خطی) و مرحله III (مرحله رسیدگی) است. مرحله I مرحله باروری و دوره تقسیم سریع سلولی است و این مرحله‌ای است که تمامی ساختارهای بذر شکل گرفته‌اند. مرحله II زمانی است که بذر موارد اندوخته را که ارزش اقتصادی دارند در خود انباشته می‌کند. مرحله III از زمانی آغاز می‌شود که تجمع مواد اندوخته قبل از آنکه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک متوقف شود، در این مرحله به آرامی کند می‌شود (اگلی، ۱۹۹۹).

1. Micropyle
2. Antipodals

۱-۶-۱ نمو ساختارهای بذر (مرحله I)

مرحله I با گرده افشانی و باروری آغاز می شود و با یک دوره زمانی تقسیم سلولی سریع تا تشکیل تمام ساختمان های بذر و میوه ادامه می یابد. آنچه مورد پذیرش عمومی است اینکه تقسیم سلولی به ضرورت در انتهای مرحله I متوقف می شود. با این حال برخی گزارش ها نیز مبنی بر ادامه تقسیم سلولی در خلال دوره زمانی تجمع سریع مواد اندوخته ای (مرحله دوم) وجود دارد. این مرحله بین ۲ تا ۳ هفته طول می کشد. در طی این مرحله وزن دانه چندان تغییر نمی کند و وزن خشک بذر به آرامی افزایش می یابد و تا حدودی به وزن ۰.۵٪ وزن نهایی خودش می رسد. اما این دوره به دلیل آن که تقسیم سلولی در آن انجام می شود، از لحاظ عملکرد اهمیت خاصی دارد و به هر دلیلی اگر این دوره کوتاه شود عملکرد نهایی گیاه دچار مشکل خواهد شد. با توجه به اینکه بخش اصلی تقسیم آندوسپرم در این مرحله صورت می گیرد، هر چه تعداد تقسیم بیشتر باشد مخزن (Sink) قوی تر می شود. اگر این دوره به هر دلیلی کوتاه شود بر تعداد سلول های آندوسپرم تأثیر می گذارد و باعث ضعیف تر شدن مخزن می شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۰).



شکل ۱-۵. منحنی روند رشد بذر در طی روز پس از گرده افشانی گندم (مؤلف)

۱-۶-۲ مرحله خطی نمو بذر (مرحله II)

مرحله خطی نمو بذر در انتهای تقسیم سلولی و مرحله I شروع می شود. تعداد سلول در این زمان در مقدار حداکثر خود ثابت شده و سرعت افزایش ماده خشک با زمان

ثابت می‌شود که به این حالت «مرحله خطی» اطلاق می‌شود، مقدار تنفس در هر بذر نیز در طول مرحله خطی رشد ثابت است که به علت افزایش ثابت جرم بذر، مقدار تنفس در واحد وزن خشک کاهش می‌یابد. تجمع مواد اندوخته ذخیره‌ای بیشترین افزایش ماده خشک بذر در طول این مرحله را باعث می‌شوند. از آنجا که ۹۰٪ وزن دانه در این مرحله تشکیل می‌شود، به این مرحله، دوره پرشدن مؤثر دانه می‌گویند. افزایش محتوای آب بذر در طول مرحله II (شکل ۱-۶) بیانگر حرکت آب به درون سلول‌ها است تا سلول بزرگ شود، بنابراین تغییرات محتوای آب بذر و حجم بذر ارتباط نزدیکی باهم دارند. تعداد سلول در این مرحله از رشد بذر تغییری نمی‌کند، در نتیجه افزایش شدید اندازه بذر به طول کامل نتیجه افزایش حجم سلول است.

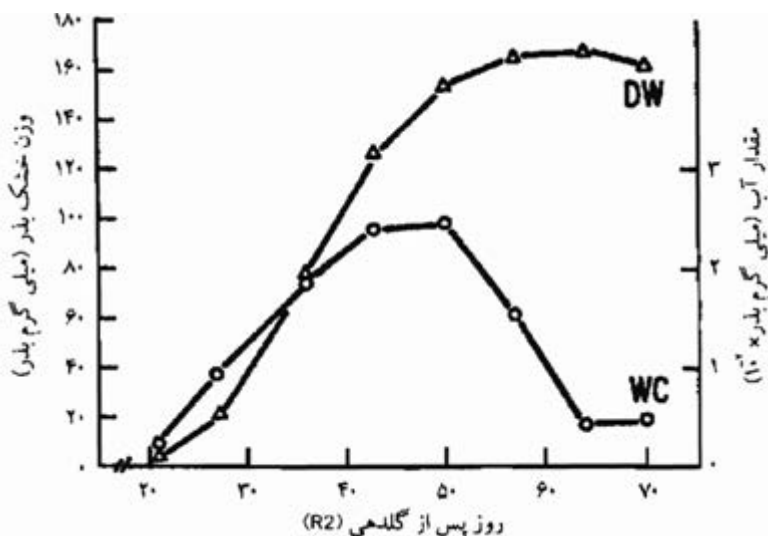
۱-۶-۳ رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله III)

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک حداکثر وزن خشک مشاهده می‌شود و نشان‌دهنده پایان تجمع ماده خشک و پایان دوره پرشدن دانه است. شاخص‌های رسیدگی که به شکل فراگیر مورد استفاده قرار می‌گیرند و در ارتباط با قابلیت برداشت گیاه زراعی هستند، بعد از رسیدگی فیزیولوژیک مطرح‌اند. مثال‌هایی از این جمله عبارت‌اند از: رسیدگی برداشت^۱، که اشاره به زمانی دارد که بذر تا یک مقدار رطوبت قابل برداشت، خشک شده‌باشد، و یا رسیدگی کامل^۲ در سویا که اشاره به زمانی دارد که ۹۵ درصد غلاف‌ها قهوه‌ای شوند. مراحل انتهایی رسیدگی از ارزش مطالعاتی چندانی در فیزیولوژی عملکرد برخوردار نیستند، چرا که تولید عملکرد قبل از مرحله رسیدگی انجام می‌شود، بنابراین عوامل گیاهی و محیطی فقط قبل از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بسیاری از محققان عقیده دارند که حداکثر جوانه‌زنی و حداکثر قوه نامیه بذر نیز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به وقوع می‌پیوندد، با این وجود به تازگی این مفهوم پیشنهاد شده که حداکثر قوه نامیه بذر تا بعد از رسیدگی فیزیولوژیک به وقوع نمی‌پیوندد و برای تمایز وقوع حداکثر ماده خشک از حداکثر قوه نامیه بذر اصطلاح «رسیدگی توده‌ای» را پیشنهاد کرده‌اند، که به موجب آن رسیدگی فیزیولوژیک از طریق حداکثر قوه نامیه بذر مشخص می‌شود. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، بذر هیچ ارتباط

1. Harvest maturity

2. Full maturity

کارکردی با سیستم آوندی گیاه مادری ندارد و مواد جذبی دیگر به سمت بذر حرکت نمی‌کنند. بذور معمولاً بعد از رسیدگی فیزیولوژیک آب خود را از دست می‌دهند و علت این است که بذر بعد از این مرحله به سیستم آوندی گیاه مادری متصل نیست و هیچ آبی برای جایگزین کردن تلفات آب به محیط بذر نمی‌رسد. ازدست‌رفتن رطوبت بعد از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در اثر شرایط محیطی و گونه‌های گیاهی تعیین شده و از سریع تا کند تغییر می‌کند و درواقع رطوبت بذر ممکن است در شرایط به شدت مرطوب محیط افزایش یابد. تنفس شدید بذر بعد از رسیدگی فیزیولوژیک و قبل از برداشت می‌تواند عاملی برای کاهش وزن خشک و عملکرد بذر باشد.



شکل ۱-۶. وزن خشک بذر (DW) و محتوای آب بذر (WC) هر بذر سویا درحال نمو در محیط مزرعه. (اقتباس از کافی و همکاران، ۱۳۸۰)

۷-۱ رشد بذر

رشد بذری که برای عملکرد اقتصادی در یک محصول دانه‌ای برداشت می‌شود دو جزء دارد: یک جزء سرعت و یک جزء زمان، این اجزا به عنوان سرعت رشد بذر (SGR^1) و دوره پرشدن بذر (SFD^2) تعریف می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۰). در اندازه نهایی بذر (وزن هر بذر) تغییر و تنوع ایجاد می‌شود، زیرا بذور در دوره‌های طولانی‌تر یا

1. Seed Growth Rate
2. Seed Filling Period

کوتاه‌تر، سریع‌تر یا کندتر رشد می‌کند. سرعت رشد بذر، بیانگر تجمع ماده خشک در زمان و طی مرحله خطی رشد است و تجمع ماده خشک طی مراحل تأخیری را در آغاز و پایان رشد بذر در نظر نمی‌گیرد. در نظر نگرفتن مراحل تأخیری مشکلی جدی ایجاد نمی‌کند، زیرا بیشترین وزن خشک بذر طی مرحله رشد خطی تجمع می‌یابد. تعیین دوره رشد بذر بسیار دشوارتر است، زیرا برآورد دقیق زمان آغاز و توقف تجمع ماده خشک در بذر دشوار است. می‌توان از گل شکفتگی برای برآورد آغاز رشد بذر و از رسیدگی فیزیولوژیک برای پایان رشد آن استفاده کرد و با استفاده از شاخص‌های غیرمستقیم رسیدگی فیزیولوژیک می‌توان یک تخمین غیرتخریبی از دوره پرشدن بذر به‌دست آورد. دوره مؤثر پرشدن^۱ (EFP) نیز بیشتر به‌عنوان ارزیابی نسبی طول دوره پرشدن بذر استفاده می‌شود (شکل ۱-۷). دوره مؤثر پرشدن دانه بر مبنای یک جامعه بوده و به‌صورت عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) تقسیم بر سرعت کل تجمع ماده خشک در بذر (کیلوگرم در هکتار در روز) طی مرحله خطی رشد بذر به‌دست می‌آید. همچنین دوره مؤثر پرشدن دانه را می‌توان برای تک‌بذر با تقسیم وزن بذر رسیده به سرعت رشد بذر محاسبه کرد. در هر حال، دوره مؤثر پرشدن دانه زمان لازم برای تولید عملکرد یا تولید بذر رسیده را در صورتی که بذر (بذور) (تک‌بذر یا کل بذور در واحد سطح) همیشه در مرحله رشد خطی باشد برآورد می‌کند (نادری و همکاران، ۱۳۷۹).

۱-۷-۱ سرعت رشد بذر

بعضی تنوعات چشمگیر در خصوصیات رشد بذر بین گونه‌ها، به‌ویژه سرعت رشد بذر و حداکثر اندازه، به‌احتمال یک خصوصیت ژنتیکی گونه است. به‌عنوان مثال، اندازه و سرعت رشد بذر گندم احتمالاً همیشه بدون توجه به شرایط محیطی کمتر از ذرت خواهد بود. با این وجود اختلاف کوچک‌تر در خصوصیات رشد، به‌ویژه در دوره مؤثر پرشدن دانه ممکن است ناشی از تنوع محیطی باشد. تنوع سرعت رشد بذر، درون و بین گونه‌ها رابطه نزدیکی با تنوع در اندازه بذر دارد. به‌طور کلی بذور درشت سریع‌تر و بذور کوچک کندتر رشد می‌کنند. تلفیق یک بذر درشت و یک سرعت رشد بذر پایین نیازمند یک دوره مؤثر پرشدن طولانی است. همه تنوع موجود در اندازه بذر ناشی از تنوع سرعت رشد بذر نیست و اندازه بذر با دوره مؤثر پرشدن بذر نیز همبستگی دارد. شواهد بسیاری