

بررسی اثر کمبود رطوبت بر جنبه‌های فیزیولوژیک نمو بذر ذرت*

Effect of water deficit on physiological aspects of maize seed development

مهدی مدندوست^۱، قربان نورمحمدی^۲ و یحیی امام^۳

چکیده

یکی از شرط‌های لازم برای تولید یک محصول خوب، کیفیت مطلوب بذر به کار رفته می‌باشد ولی متأسفانه تاکنون این موضوع به طور جدی در کشور ما مورد توجه قرار نگرفته است. لازمه دسترسی به کیفیت خوب بذر، شناخت روابط فیزیولوژیک در دوره نمو بذر است و بر این اساس مطالعه اثر عوامل محدودیت‌زا بر آن لازم به نظر می‌رسد. بدین منظور اثر کمبود رطوبت از نظر زمانی بر روی تغییرات وزن خشک دانه، وزن جنین دانه و وزن اندوسپرم دانه در طول دوره پرشدن دانه، شروع قابلیت جوانه زنی، در صد جوانه زنی در مراحل بعدی و وزن خشک گیاهچه حاصله مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در تابستان ۱۳۷۹ در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا اجرا گردید. تنش رطوبتی در سه سطح عبارت بودند از شاهد یا رطوبت کافی، کمبود رطوبت زود (که از دو روز بعد از گرده افشانی اعمال گردید) و کمبود رطوبت دیر (که از ۱۸ روز بعد از گرده افشانی اعمال گردید). رگرسیون خطی بین درصد جوانه زنی با درصد رطوبت دانه و وزن خشک جنین و وزن خشک اندوسپرم با وزن خشک گیاهچه حاصل تعیین گردید. نتایج نشان داد که بین سطوح مختلف تنش رطوبتی از اواسط تا پایان دوره پرشدن دانه از لحاظ وزن خشک دانه، جنین و اندوسپرم اختلاف معنی‌داری وجود داشت و حداکثر وزن خشک دانه، جنین و اندوسپرم با شاهد به دست آمد. درصد رطوبت دانه در مراحل رشد تحت تأثیر تنش رطوبت قرار نگرفت. بین سطوح مختلف تنش رطوبت از نظر شروع قابلیت جوانه زنی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی درصد جوانه زنی و وزن خشک گیاهچه حاصله از آن‌ها به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تنش قرار گرفت. قابلیت جوانه زنی بذر ذرت از ۳۵ تا ۴۲ روز بعد از گرده افشانی شروع گردید. روابط بین درصد رطوبت با درصد جوانه زنی، وزن خشک جنین با درصد جوانه زنی و وزن خشک اندوسپرم با وزن خشک گیاهچه در یک تا سه سطح معنی‌دار گردید.

واژه‌های کلیدی: ذرت، کمبود رطوبت، گرده افشانی و نمو بذر.

مقدمه

پتانسیل آب بذر نقش مهمی در جلوگیری از جوانه‌زنی پیش‌رس در طول دوره نمو بذر خواهد داشت (Bradford, 1994). برای مثال با تزریق آب به درون غلاف لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با وجود این که بذور نارسند و هنوز

در اغلب آزمایش‌ها آب نقش مهمی در نمو بذر داشته و اثرات تنش آب مهم‌ترین شاخص جهت شناخت تأثیر کمبود آب بر پایه مادری و رابطه آن با نمو بذر می‌باشد و محدودیت

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۲/۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۳/۲۹

* بخشی از رساله دکتری نویسنده اول، در گروه تخصصی زراعت واحد علوم و تحقیقات - تهران

۲- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا

۳- استاد دانشگاه شیراز

کاهش می‌دهد. البته کاهش عملکرد شدید بذر چندان با کاهش فتوسنتز جاری قابل پیش‌بینی نیست زیرا که انتقال مجدد (Remobilization) از ذخایر برگ و ساقه می‌تواند تا حدی موجب جبران آن گردد. بنابراین برخلاف زمان گرده افشانی تخمدان‌ها که ظرفیت مقصد (Sink) در آن‌ها پایین است در زمان نمو بذر این ظرفیت در بذر قوی‌تر از بافت‌های رویشی می‌باشد.

مهم‌ترین فاکتور ارزیابی روابط آبی در طول دوره نمو بذر، محتوای رطوبتی آن است. در طول تجمع ماده خشک، محتوای رطوبتی بذر کاهش می‌یابد. این کاهش در محتوای رطوبتی بذر به صورت خطی است. طول دوره نمو بذر به میزان زیادی به پتانسیل آب بذر با گیاه بستگی دارد. تنها در بذوری که کاملاً رسیده‌اند تلفات آب در بذر زیاد می‌شود. تغییرات مداوم در محتوای رطوبتی بذر در طول دوره نمو، شاخص مناسبی برای تعیین زمان رسیدگی بذر است ولی برای تعیین وضعیت فیزیولوژیک آن در طول این دوره اهمیت ندارد. مطالعه‌ای برای تعیین پتانسیل آب بذر در طول دوره نمو توسط وستگیت و بویر (Westgate and Boyer, 1986) در ذرت انجام گرفت. آن‌ها گزارش کردند که بین پتانسیل آب بذر و بافت‌های رویشی همبستگی وجود ندارد به طوری که تحت شرایط تنش رطوبت، پتانسیل آب اندوسپرم دانه ذرت به میزان کمتری در مقایسه با پتانسیل آب برگ‌ها کاهش می‌یابد. همین وضعیت در طول مرحله پر شدن دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) اتفاق می‌افتد به طوری که تنش رطوبت، پتانسیل آب دانه را به شدت پتانسیل آب برگ پرچم گندم کاهش نداده است (Barlow et al., 1980).

بوروسکی و همکاران (Borowski et al., 1991) بذور هیبرید ذرت شیرین را براساس میزان رطوبت موجود در آن در زمان‌های مختلف برداشت کردند. در زمان‌های برداشت، مقادیر ۰/۷۶ تا ۰/۲۳ گرم آب به ازای یک گرم وزن تر دانه تعیین گردید. آزمون جوانه زنی استاندارد، آزمون رشد گیاهچه در سرما (SGCT) و هدایت الکتریکی در زمان‌های مختلف برداشت تفاوت معنی‌دار نشان ندادند. ولی توان رویش یا بنیه (Vigor) گیاهچه از ۰/۵۷ تا ۰/۴۰ گرم آب به ازای یک

به بند پایه مادری متصل می‌باشند قادر به جوانه زنی می‌شوند (Fountain and Outred, 1990). در برخی از بذور جهش یافته ذرت و سایر گیاهان، مقدار اسید آبسزیک (ABA) ذخیره شده در بذر به اندازه‌ای نیست که مانع از جوانه زنی شود و این در حالی است که آب قابل استفاده کافی برای جوانه زنی جنین وجود دارد و در نتیجه بذر بر روی گیاه مادری شروع به رشد می‌کند. این جهش را گالستون (Galston, 1994) و مک کارتی و کارسون (McCarty and Carson, 1991) زنده زایی (Viviparous) نامیدند که مانع از ازدیاد بذر ذرت می‌گردد و بر این اساس به کشاورزی صدمه وارد می‌کند.

پائین بودن پتانسیل آب بذر یکی از عوامل جلوگیری از جوانه زنی بذر است که در طول دوره نمو ممکن است تغییر یابد. به عنوان مثال زو و بیولی (Xu and Bewley, 1991) نشان دادند که در ابتدای دوره نمو جنین بذر یونجه (*Medicago sativa* L.) می‌تواند به طور نسبی در اثر پایین بودن پتانسیل آب جوانه بزنند ولی در اواسط نمو بذر ممانعت از جوانه زنی قبل از این که به مراحل پایانی رسیدگی برسد، افزایش می‌یابد. ممانعت از جوانه زنی که ناشی از اسید آبسزیک (ABA) است در طول دوره رسیدن کاهش می‌یابد ولی علی‌رغم همه این‌ها بذور ممکن است در اثر بارندگی یا رطوبت زیاد هوا قبل از رسیدگی بر روی پایه مادری جوانه بزنند.

اثر تنش آب در طول دوره نمو متغیر بوده و بستگی به زمان وقوع تنش دارد. اگر سقط جنین اتفاق بیافتد کاهش در تعداد بذور تولیدی حاصل می‌گردد. سقط جنین حاصله ناشی از محدودیت کربوهیدراتی است که در اثر کاهش فتوسنتز ناشی از تنش رطوبت حاصل می‌شود؛ البته انتقال ساکارز ذخیره شده در ساقه می‌تواند از سقط جنین جلوگیری کند. اگر تنش رطوبت در طول تجمع ماده خشک اتفاق افتد، سقط جنین معمولاً انجام نمی‌شود. در این رابطه کواتر و همکاران (Ouattar et al., 1987a) گزارش نمودند که به جز در مرحله رشد کند دانه (Lag phase) که تنش رطوبت اثری بر سرعت پر شدن دانه ایجاد نمی‌کند، در سایر مراحل پر شدن دانه تنش رطوبت با کوتاه کردن طول دوره پر شدن دانه، اندازه بذر را

۷/۶ بود.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مورد اجرا گذاشته شد. تیمار تنش رطوبتی بعد از گلدهی و در سه سطح شاهد، تنش رطوبتی زود و تنش رطوبتی دیر بوده است. بدین منظور با استفاده از داده‌های تشتک تبخیر با رسیدن به میزان ۵۰ میلیمتر تبخیر برای ایجاد وضعیت نرمال رطوبت خاک و ۱۰۰ میلی‌متر برای ایجاد وضعیت تنش خشکی آبیاری صورت گرفت. تنش خشکی زود (از دو روز بعد از گرده افشانی) و تنش دیر (از ۱۸ روز بعد از گرده افشانی) اعمال گردید.

برای این که میزان آب مصرفی در همه کرت‌ها برابر باشد آبیاری با استفاده از سیفون انجام گرفت و طول مدت آبیاری همه کرت‌ها برابر بود.

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک، لولر بود. مقدار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار P2O5 و ۱۴۶ کیلوگرم در هکتار N با استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیم و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تأمین گردیده است. تمام فسفات آمونیم و دوسوم اوره در زمان کاشت و بقیه اوره در ۴۵ روز بعد از کاشت در فاصله تقریبی ۱۰ سانتیمتری در بین ردیف‌ها به خاک اضافه شد. هر کرت شامل چهار ردیف هفت متری با فاصله ۵۰ سانتیمتر و فاصله بین بوته‌ها ۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. تا تراکم هشت بوته در متر مربع حاصل شود. عملیات وجین علف‌های هرز به صورت دستی در طول دوره رشد انجام گردید. برداشت نهایی به هنگام رسیدن فیزیولوژیک دانه‌ها با ظهور لایه سیاه رنگ (Black layer) در قاعده دانه‌ها صورت گرفت.

نمونه برداری‌ها از یک هفته بعد از گرده افشانی تا پایان پر شدن دانه به فاصله هر هفته یک بار انجام شد. جهت تعیین زمان دقیق شروع رشد خطی دانه از دو هفته بعد از گرده افشانی تا مشخص شدن فاز سریع افزایش وزن خشک دانه، نمونه برداری‌ها دو روز یک بار انجام شد.

در هر نمونه برداری چهار عدد بلال از بوته‌های ردیف‌های دوم و سوم برداشت و دانه‌های پنج حلقه وسط بلال با دقت از چوب بلال جدا و با هم مخلوط گردید. یک صد

گرم وزن تر بیشترین مقدار را نشان داده است و بین وزن جنین و وزن اندوسپرم با توان رویش گیاهچه همبستگی مشاهده نگردید. دانگن (Dungan, 1999) نشان داد بذر نارس برخی از ارقام ذرتی که دارای رطوبت بیشتری است سریع تر جوانه می‌زند و در طول مرحله جوانه زنی ریشه چه با سرعت بیشتر و ساقه چه با سرعت کمتری نسبت به بذور رسیده ظاهر می‌شود. اسپراگو (Sprague, 1996) در مطالعات خود این چنین نتیجه گرفت که اگر بذر نارس بلافاصله بعد از برداشت کاشته شود تغییرات زیادی در زمان جوانه زنی ایجاد می‌کند و با کاهش محتوای رطوبتی بذر درصد و سرعت جوانه زنی افزایش می‌یابد. محتوای رطوبتی بذر تر باید تقریباً به ۲۵ درصد برسد تا جوانه زنی به صورت نرمال انجام شود. دانه‌های ذرت قبل از این که به قابلیت جوانه زنی برسند تقریباً حداقل ۳۵ درصد و جنین ۶۰ درصد باید رطوبت داشته باشند و این اشاره به مکانیسمی می‌کند که مانع از جوانه زنی نرمال بذر نزدیکی زمان برداشت می‌گردد. در همین رابطه مکدونالد و کاپلند (McDonald and Copeland, 1997) شروع قابلیت جوانه زنی بذر را زمانی دانستند که محتوای رطوبت بذر حدود ۳۰ درصد رسیده باشد.

با توجه به یافته‌های تحقیقاتی، به منظور بررسی جنبه‌های فیزیولوژیک نمو بذر ذرت و اثرات زمان وقوع تنش خشکی بر آن در مقایسه با شرایط بهینه رطوبتی این تحقیق انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا، واقع در شرق استان فارس، با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا به مرحله اجرا درآمد. در این بررسی بذور هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (SC) مورد مطالعه قرار گرفت. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا سی سانتیمتری خاک نمونه برداری شد و مشخص شد که بافت خاک رسی شنی بوده و در آزمایش تجزیه خاک، پتاسیم قابل جذب آن ۳۷۸ ppm، فسفر قابل جذب ۷/۵۲ ppm، کربن کل ۰/۶۸، نیتروژن کل ۰/۰۷ درصد و pH خاک

عدد از این دانه‌ها را برای تعیین وزن خشک و نیز وزن خشک جنین انتخاب نموده و در داخل آون ۱۳۰ درجه سانتیگراد به مدت حداقل چهار ساعت قرار داده تا خشک شود، سپس وزن خشک با ترازوی دیجیتال تعیین گردید. لازم به تذکر است که در مراحل پایانی پرشدن دانه به دلیل کاهش یافتن رطوبت دانه چون جدا کردن جنین از بذر مشکل بود ابتدا بذور به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و سپس اقدام به جدا کردن جنین بذر گردید و برای خشک کردن، مدت بیشتری در آون قرار گرفت. با مشخص کردن طول دوره پرشدن مؤثر دانه‌ها و جنین سرعت رشد دانه و جنین تعیین گردید. هم‌چنین از تفاضل وزن خشک دانه‌ها و وزن خشک جنین دانه‌ها، مجموع وزن خشک اندوسپرم و پوسته میوه (Pericarp) تعیین گردید.

دانه‌هایی که در هر نمونه برداری جدا گردیده بودند درصد رطوبتشان به دست آمد و هم‌چنین این بذور تحت آزمون جوانه زنی در شرایط استاندارد قرار گرفته تا زمان شروع قابلیت جوانه‌زنی و درصد جوانه زنی آن‌ها به دست آید. با توجه به تعریف جوانه زنی توسط کاپلند و مکدونالد (۱۳۷۵)، زمانی را که پوسته بذر پاره شده و ریشه چه ظاهر می‌گردد زمان شروع قابلیت جوانه‌زنی تلقی می‌کنند. به منظور بهتر شدن نتیجه آزمایش، بلال دوم بوته‌ها بلافاصله بعد از ظاهر شدن قطع گردید.

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD)، تجزیه رگرسیون در سطوح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪ به کمک نرم‌افزار SAS صورت گرفت. نمودارها نیز با استفاده از برنامه نرم‌افزاری Harvard graphics ترسیم گردید.

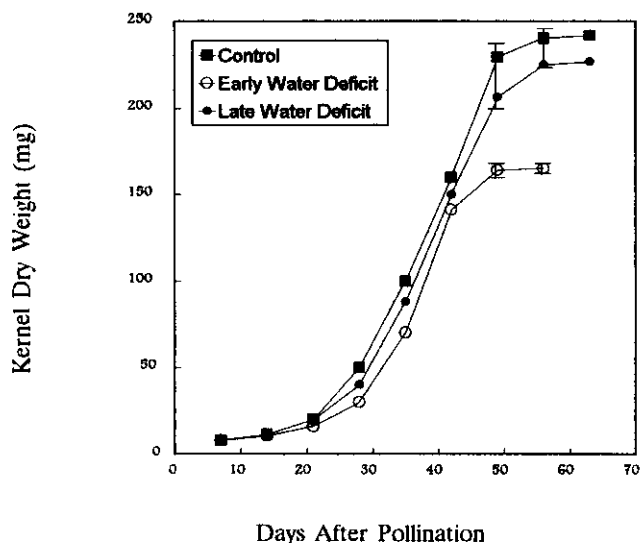
نتایج و بحث

از زمان گرده افشانی تا ۱۸ روز بعد از آن تجمع ماده خشک دانه به کندی صورت گرفته که منجر به رشد کند دانه (Lag phase) گردید. از این زمان تا نزدیکی‌های مرحله رسیدن، دانه ماده خشک به سرعت تجمع یافت (Log phase). در هر یک از مراحل پرشدن دانه در طول دوره رشد کند و تا حدود نیمی از دوره رشد سریع دانه تا ۴۲

روز بعد از گرده افشانی اختلاف معنی‌داری در وزن خشک دانه بین سطوح تنش رطوبتی زود، دیر و شاهد مشاهده نگردید و آهنگ پرشدن دانه در آن‌ها تفاوتی نداشت. در حالی که بعد از آن با وجود نداشتن اختلاف بین شاهد و تنش رطوبتی دیر، اختلاف هر دو با تنش زود معنی‌دار شد (شکل ۱) ولی از طرفی مدت زمان تنش رطوبت نیز در تجمع ماده خشک دانه مؤثر است — طوری که کواتر و همکاران (Ouattar et al., 1987a) گزارش کردند که اگر تنش رطوبت به صورت کوتاه مدت در مرحله Lag phase اعمال گردد تأخیر زودگذری در تجمع ماده خشک دانه مشاهده می‌گردد که با رفع تنش کمبود وزن خشک دانه جبران می‌گردد ولی اگر این تنش تا پایان دوره رشد دانه ادامه یابد تجمع ماده خشک دانه به تأخیر افتاده که منجر به کاهش وزن خشک دانه‌ها می‌شود.

آهنگ رشد جنین مشابه آهنگ پرشدن دانه بوده است یعنی مرحله رشد کند، رشد سریع و مرحله رسیدن را داشته است، هر چند که مرحله رشد کند جنین کمی طولانی‌تر و رشد سریع آن کمی کوتاه‌تر بوده است. در هر یک از مراحل رشد جنین دانه بعد از گرده افشانی تا ۴۲ روز بعد از گرده افشانی اختلاف معنی‌داری در وزن خشک جنین بین سطوح تنش رطوبتی زود، دیر و شاهد مشاهده نگردید و آهنگ رشد جنین دانه در آن‌ها تفاوتی نداشت. در حالی که بعد از آن با وجود اینکه وزن خشک جنین حاصله از شاهد و تنش رطوبتی دیر با هم اختلاف نداشت ولی وزن خشک جنین هر دو افزایش معنی‌داری در مقایسه با تنش زود رطوبتی داشت (شکل ۲). وست‌گیت (Westgate, 1994) برای اندازه‌گیری سرعت رشد دانه، سرعت تجمع وزن خشک دانه را بلافاصله بعد از مرحله Lag phase که از ۲۰ روز بعد از گرده افشانی رخ می‌دهد محاسبه نمود.

در این آزمایش سرعت رشد دانه و جنین تحت تأثیر تنش رطوبت اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان داد. به طوری که سرعت رشد دانه و جنین در شاهد و تنش رطوبتی دیر تفاوت نداشته ولی سرعت رشد آن‌ها در هر دو سطح بیشتر از تنش رطوبتی زود بوده است. طول دوره پرشدن مؤثر در جنین



شکل ۱- اثر زمان تنش رطوبت در طول دوره پرشدن بر تجمع وزن خشک دانه ذرت. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●). ستون‌های عمودی مقایسه میانگین‌های دو سطح تنش و شاهد را با آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد. زمانی که اختلاف تیمارها معنی دار نگردد آزمون کمترین اختلاف معنی دار نشان داده نشد.

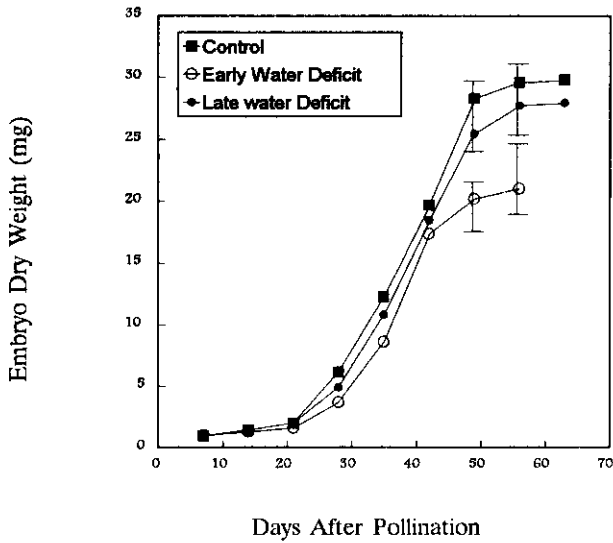
Fig. 1. Dry weight accumulation of maize kernel as affected by water deficit during filling period. Vertical bars indicate LSD $P < 0.05$ to compare means of control, early water deficit and late water deficit. LSD is not shown when treatments were not significantly different.

در گیاه شاهد و در گیاهی که تنش رطوبت را دیر دیده است همزمان به حداکثر وزن خشک رسیده است و گیاهی که تنش رطوبت را زود دیده است یک هفته زودتر حداکثر وزن خشک را به دست آورده است. مشابه همین قضیه در جنین و دانه نیز مشاهده شده است (شکل ۳) اختلاف وزن نهایی دانه، جنین و اندوسپرم بین شاهد و تنش دیر رطوبت در سطح ۵٪ معنی دار نگردید ولی هر دو سطح آن‌ها وزن نهایی بیشتری نسبت به تنش زود رطوبت داشته‌اند. (جدول ۱).

درصد رطوبت دانه در مراحل رشد دانه اندازه‌گیری شد ولی اختلاف معنی‌داری بین سطوح مورد مطالعه در سطح احتمال ۵٪ به دست نیامد. همبستگی بین پتانسیل آب بذر یا جنین از پایه مادری یا بافت‌های مجاور در آزمایش‌های گذشته (Cochrane, 1983; Thorne, 1981) مشاهده نگردید و این شواهدی بر مقاومت زیاد حرکت آب بین بافت‌های جنینی و مادری است که ناشی از ابتدا لیگنینی شدن و سپس چوب پنبه‌ای شدن ناف (Chalazal) بین ساقه و پوسته میوه بذر است، که در نتیجه اتصال بذر با آوندهای چوبی از بین می‌رود.

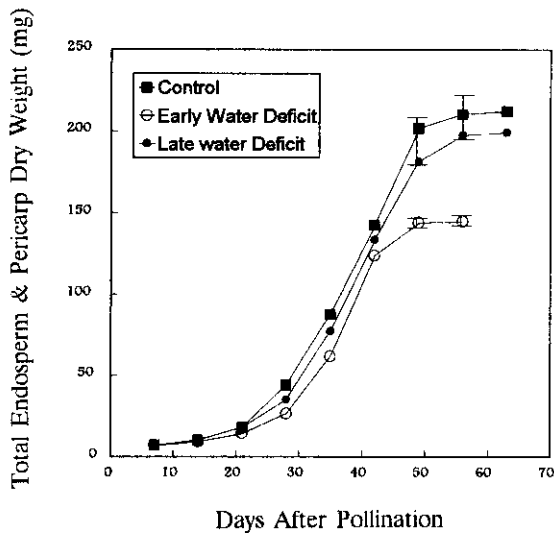
دانه نیز تقریباً همین وضعیت را داشته است به طوری که طول دوره پرشدن مؤثر جنین در شاهد و تنش رطوبتی دیر در سطح ۵٪ اختلاف نداشته ولی بیشتر از تنش رطوبتی دیر بوده است. در دانه طول این دوره در شاهد و تنش رطوبتی دیر مشابه هم بوده ولی دانه‌های حاصل از شاهد در سطح آماری ۵٪ به طور متوسط ۶/۳۳ روز طولانی‌تر از تنش زود رطوبتی پر گردید. در حالی که بین تنش رطوبتی دیر و زود اختلاف دیده نشده است (جدول ۱). سرعت رشد دانه در این آزمایش بیش از سرعت آن در آزمایشی بود که وست گیت (Westgate, 1994) انجام داد. علت این برتری را باید به کوتاه بودن نسبی طول دوره پرشدن دانه این آزمایش نسبت داد (جدول ۱).

روند افزایش وزن خشک اندوسپرم در طول دوره پس از گرده افشانی شبیه جنین بود. اگر چه رشد جنین کمی بعد از اندوسپرم آغاز گردید ولی هر دو همزمان به حداکثر وزن خشک رسیدند. همین نکته را وست گیت (Westgate, 1994) در گزارش خود عنوان نمودند. اندوسپرم



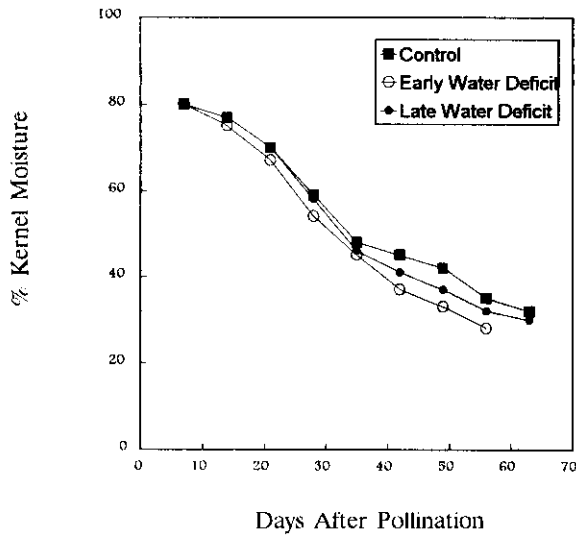
شکل ۲- اثر زمان تنش رطوبت در طول دوره پرشدن بر تجمع وزن خشک جنین ذرت. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●). ستون‌های عمودی مقایسه میانگین‌های دو سطح تنش و شاهد را با آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد. زمانی که اختلاف تیمارها معنی دار نگردید آزمون کمترین اختلاف معنی دار نشان داده نشد.

Fig. 2. Dry weight accumulation of maize embryo as affected by water deficit during filling period. Vertical bars indicate LSD $P < 0.05$ to compare means of control, early water deficit and late water deficit. LSD is not shown when treatments were not significantly different.



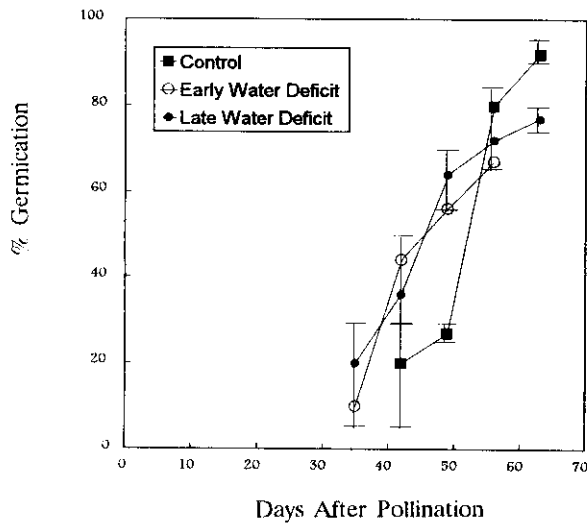
شکل ۳- اثر زمان تنش رطوبت در طول دوره پرشدن بر تجمع وزن خشک مجموع آندوسپرم و پریکارپ. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●). ستون‌های عمودی مقایسه میانگین‌های دو سطح تنش و شاهد را با آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد. زمانی که اختلاف تیمارها معنی دار نگردید آزمون کمترین اختلاف معنی دار نشان داده نشد.

Fig. 3. Dry weight accumulation of total endosperm & pericarp as affected by water deficit during filling period. Vertical bars indicate LSD $P < 0.05$ to compare means of control, early water deficit and late water deficit. LSD is not shown when treatments were not significantly different.



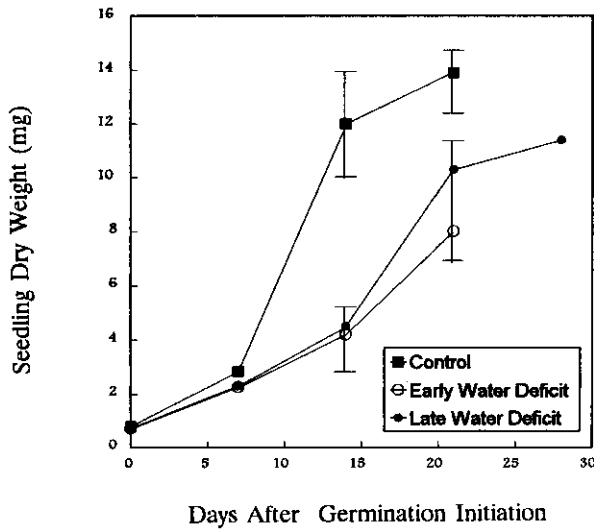
شکل ۴- اثر زمان تنش رطوبت در طول دوره پرشدن بر درصد رطوبت دانه ذرت. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●). اختلاف تیمارها با آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) معنی دار نگردید.

Fig. 4. % Moisture of maize kernel as affected by water deficit during filling period. Treatments were not significantly different by LSD $P < 0.05$.



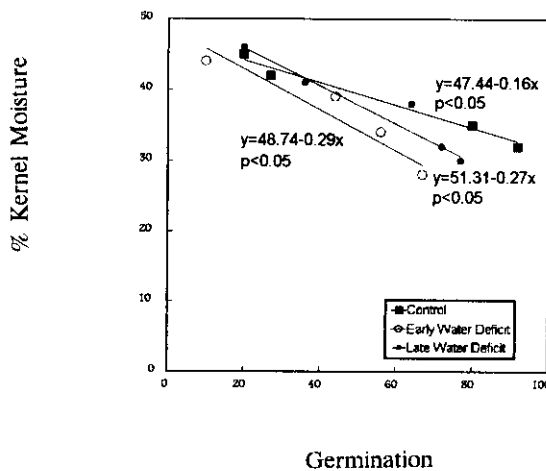
شکل ۵- اثر زمان تنش رطوبت در طول دوره پرشدن بر درصد جوانه زدن دانه ذرت. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●). ستون‌های عمودی مقایسه میانگین‌های دو سطح تنش و شاهد را با آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد. زمانی که اختلاف تیمارها معنی دار نگردید آزمون کمترین اختلاف معنی دار نشان داده نشد.

Fig. 5. % Germination of maize kernel as affected by water deficit during filling period. Vertical bars indicate LSD $P < 0.05$ to compare means of control, early water deficit and late water deficit. LSD is not shown when treatments are not significantly different.



شکل ۶- اثر زمان تنش رطوبت در طول دوره پرشدن بر وزن خشک گیاهچه ذرت. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●). ستون‌های عمودی مقایسه میانگین‌های دو سطح تنش و شاهد را با آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد. زمانی که اختلاف تیمارها معنی دار نگردید آزمون کمترین اختلاف معنی دار نشان داده نشد.

Fig. 6. % Seedling dry weight of maize as affected by water deficit during filling period. Vertical bars indicate LSD $P < 0.05$ to compare means of control, early water deficit and late water deficit. LSD is not shown when treatments are not significantly different.



شکل ۷- رگرسیون خطی بین درصد رطوبت بذر ذرت با درصد جوانه زدن آن. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●).

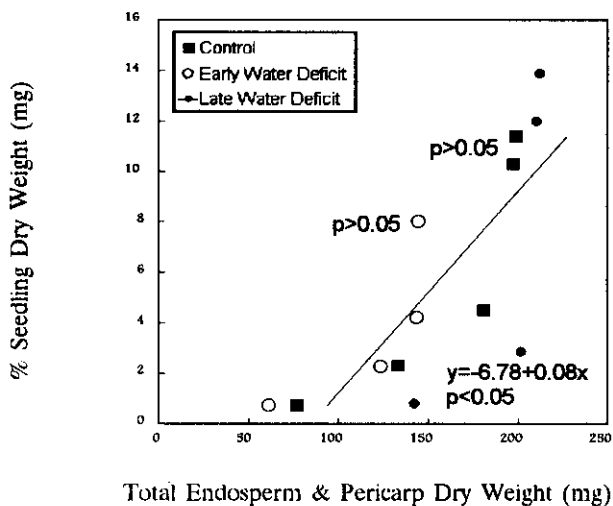
Fig. 7. Regression line of % maize kernel moisture on % germination.

جدول ۱- مقایسه میانگین خصوصیات رشد دانه، جنین و اندوسپرم، شروع قابلیت جوانه زدن، درصد خشک گیاهیچه در گیاهان شاهد و متأثر شده از کمبود دیر و زود رطوبت.

Table 1. Mean comparison for growth characteristics of kernel, embryo and endosperm, germinability initiation % germination and seedling dry weight from control, late water deficit and early water deficit.

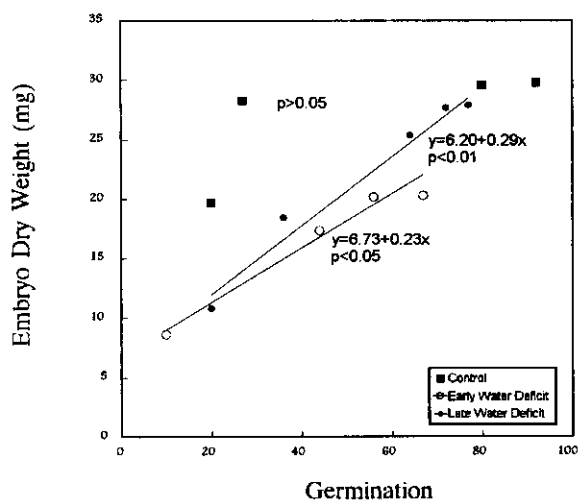
تیمار Treatment	وزن خشک نهایی				دوره پرشدن مؤثر				سرعت رشد			
	دانه		جنین		دانه		جنین		دانه		جنین	
	Kernel	Embryo	Kernel	Embryo	Kernel	Embryo	Kernel	Embryo	Kernel	Embryo	Kernel	Embryo
Control	شاهد	242.11a	29.78a	7.99a	1.08a	30.33a	27.33a	212.32a	13.89a	41.67a	91.67a	درصد جوانه زدن
Late water	تنش دیر رطوبتی	227.09a	27.93a	8.20a	1.06a	27.33ab	26.00a	199.17a	11.41ab	35.33a	77.00ab	شروع قابلیت جوانه زدن
Deficit	کمبود											وزن خشک گیاهیچه
Early water	تنش زود رطوبتی	165.01b	21.04b	6.78b	0.87b	24.00b	24.00a	144.71b	8.04b	35.00a	66.33b	وزن خشک اندوسپرم
Deficit	کمبود											dry wt. (mg)
												Days after poll. initiation
												% Germination

* Difference of means having at least a similar letter in each column is not significant by different at the 5% level of probability.



شکل ۸- رگرسیون خطی بین وزن خشک گیاهچه ذرت با وزن خشک مجموع آندوسپرم و پریکارپ. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●).

Fig. 8. Regression line of % maize seedling dry weight on % total endosperm & pericarp dry weight.



شکل ۹- رگرسیون خطی بین وزن خشک جنین ذرت با درصد جوانه زدن. شاهد (■) تنش زود رطوبت (○) تنش دیر رطوبت (●).

Fig. 9. Regression line of % maize embryo dry weight on % total endosperm & pericarp dry weight.

قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بذور تازه پنج هفته بعد از کرده افشانی قادر به جوانه زنی می باشد. شروع قابلیت جوانه زدن بین شاهد و تنش رطوبت مورد تجزیه آماری قرار گرفت ولی اختلاف معنی داری مشاهده نگردید (جدول ۱). قابلیت جوانه زدن دانه ها از ۳۵ تا ۴۲ روز بعد از کرده افشانی شروع گردید و درصد جوانه زدن دانه ها خیلی سریع افزایش یافت به طوری که در هنگام برداشت به حداکثر رسید. درصد جوانه

حداکثر رطوبت دانه ها یک هفته بعد از کرده افشانی و حداقل آن در زمان برداشت بذر مشخص گردید به طوری که همواره سیر نزولی وجود داشته است و در ابتدای رشد دانه آفت در رطوبت دانه ها با شیب ملایم و در انتها با شیب تندتری همراه بود (شکل ۴).

روماگوزا و همکاران (Romagosa et al., 1999) شروع قابلیت جوانه زنی در جو (*Hordeum vulgare*) را مورد مطالعه

زدن دانه‌ها بین شاهد و سطوح تنش از زمان شروع قابلیت جوانه زدن که تفاوت نداشته تا زمان رسیدن دانه‌ها تقریباً اختلاف معنی داری نشان نداد (شکل ۵) و در نهایت در زمان رسیدن جوانه زدن دانه‌ها بین شاهد و تنش دیر رطوبت اختلاف نداشت ولی درصد جوانه زدن دانه‌های حاصل از گیاه شاهد بیش از گیاه متأثر شده از تنش زود رطوبت بوده است. وزن خشک گیاهچه حاصل از جوانه زدن دانه‌های رسیده در شاهد در سطح احتمال ۵٪ به طور متوسط $1/74$ برابر تنش زود رطوبت بوده است ولی تفاوت معنی داری با گیاهچه حاصل از جوانه زدن گیاه متأثر شده از تنش دیر رطوبت نداشته است (جدول ۱)، که با یکسان بودن مقادیر وزن خشک اندوسپرم شاهد با تنش دیر رطوبت از نظر آماری قابل توجیه است.

وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از جوانه زدن بذر ذرت بعد از شروع قابلیت جوانه زدن به تدریج افزایش یافت به طوری که در ابتدا کند و سپس به شدت افزایش یافت. وزن خشک گیاهچه ۳ تا ۴ هفته بعد از شروع قابلیت جوانه زدن تفاوت معنی داری بین شاهد و تنش رطوبت در سطح ۵٪ داشته است (شکل ۶). موسوی و همکاران (۱۳۷۷) کیفیت بذور حاصل از زراعت جو که تحت شرایط آبیاری محدود و کامل قرار گرفت تحت بررسی قرار دادند و مشخص کردند که بیشترین اختلاف براساس آزمون‌های هدایت الکتریکی و رشد گیاهچه تقریباً در زمان رسیدگی فیزیولوژیک آن‌ها به دست آمده است.

رابطه بین درصد رطوبت بذر با درصد جوانه زدن در هر سه سطح رطوبتی در سطح احتمال ۵٪ به صورت خطی معنی دار شد. رابطه رگرسیون به دست آمده در همه سطوح منفی بود، در نتیجه کمبود رطوبت چه زود و چه دیر نتوانسته است تفاوتی را در رگرسیون منفی بین درصد رطوبت بذر با درصد جوانه زدن بذر ایفا کند (شکل ۷). این شکل نیز نشان می‌دهد که جوانه زنی زمانی شروع می‌شود که درصد رطوبت بذر ۴۵ تا ۴۶ درصد باشد. روماگوزا و همکاران (Romagosa et al., 1999) در رابطه با بذور جو که در مراحل بعد از گرده افشانی برداشت شدند به این نتیجه رسیدند که اگر این بذور ابتدا به طور مصنوعی خشک شوند و سپس

تحت شرایط مناسب جوانه زنی قرار گیرند از دو هفته بعد از گرده افشانی قابلیت جوانه زنی را پیدا می‌کنند. در واقع مشخص شد که محتوای رطوبت بذر عامل منفی در شروع قابلیت جوانه زنی آن است. اما زمانی که مجدداً این بذور که به طور مصنوعی خشک شدند، قابلیت جوانه زدن خود را از دست داده و به دوره خفتگی وارد شدند، در صورتی که چنین جدا شده بذر از مراحل اولیه نمو تا رسیدگی کامل، بدون داشتن دوره خفتگی دارای قابلیت حیات بوده است. خفتگی بذر تا پنج هفته بعد از شروع نمو بذر تا زمانی که رطوبت بذر به حدود ۴۵ درصد برسد ادامه خواهد داشت. روماگوزا و همکاران (Romagosa et al., 1999) در آزمایش دیگری پی بردند که اگر بذور را در مراحل بعد از گرده افشانی برداشت نمایند و در طول ۱۲۰ روز در یک اتاق نگهداری کنند تا خشک شود سپس آن‌ها را تحت شرایط جوانه زنی قرار دهند خفتگی در آن‌ها تقریباً دیده نخواهد شد، که این نشان دهنده دوره پس از رسیدن (After ripening) می‌باشد. این آزمایش‌ها در ارقام دیگری از جو نیز انجام شد و مشخص گردید که خفتگی بذور تازه و یا بذوری که به طور مصنوعی خشک شده‌اند تا مدت‌های بیشتری بعد از گرده افشانی ثابت مانده است.

وزن خشک گیاهچه مانند وزن خشک اندوسپرم از زمان شروع قابلیت جوانه زدن در هر سه سطح افزایش یافت (شکل ۳ و ۶). رگرسیون خطی بین وزن خشک گیاهچه حاصل از جوانه زدن بذر با وزن خشک مجموع اندوسپرم و پریکارپ بذر محاسبه شد و مشخص گردید که تنها در گیاه متأثر شده از تنش دیر رطوبت این رابطه رگرسیونی خطی و مثبت در سطح احتمال ۵٪ معنی دار گردید. (شکل ۸). در واقع تنها وقتی که گیاه تحت تأثیر تنش رطوبت دیر قرار گیرد می‌توان گفت که با افزایش وزن خشک مجموع اندوسپرم و پریکارپ، وزن خشک گیاهچه حاصل از جوانه زدن افزایش یافته است. در شاهد و تنش زود رطوبت با افزایش وزن خشک دانه از نظر آماری نمی‌توان به صورت خطی انتظار افزایش ماده خشک گیاهچه را داشت.

رگرسیون خطی بین وزن خشک جنین با درصد جوانه زدن مثبت مشخص گردید این رگرسیون به جز در شاهد، در

معنی دار داشته است در حالی که رابطه مثبت بین درصد جوانه زدن و وزن خشک جنین تنها در دو سطح تنش رطوبت معنی دار گردید. بین منحنی رشد دانه شاهد و تنش زود رطوبت در مراحل پایانی رشد دانه با استفاده از ستون‌های عمودی آزمون LSD اختلاف معنی داری مشاهده گردید ولی با نگاهی به تغییرات درصد رطوبت دانه در دوره پرشدن مشخص می‌گردد که بین شاهد و دوسطح تنش رطوبت اختلاف معنی داری وجود نداشته است. در همین رابطه اوآتر و همکاران (Quattar et al., 1987b) پتانسیل آب آندوسپرم دانه ذرت را در شرایط نرمال و محدودیت رطوبت خاک محاسبه کردند و متوجه شدند که بین تیمارها از نظر پتانسیل آب آندوسپرم اختلاف معنی داری وجود ندارد.

به طور خلاصه برای نتیجه‌گیری نهایی می‌توان چنین عنوان نمود که اگر تنش رطوبت بعد از گلدهی ذرت دیر اتفاق افتد از نظر آماری تفاوتی را در اکثر جنبه‌های کیفی بذر در این تحقیق با گیاه شاهد نخواهد داشت. ولی این ویژگی‌ها بین شاهد و تنش زود رطوبتی اختلاف معنی داری نشان می‌دهد. برای نتیجه‌گیری بهتر اثر تنش رطوبت بر جنبه‌های کیفی بذر می‌توان شدت‌های مختلف تنش رطوبت را در آزمایش‌های دیگری مورد مطالعه قرار داد و اثرات آن‌ها را بر دیگر جنبه‌های کیفی بذر مثل آزمایش‌های بنبه بذر تعیین نمود.

سایر سطوح معنی دار گردید به طوری که در تنش رطوبت زود در سطح احتمال ۵٪ و در تنش رطوبت دیر در سطح ۱٪ معنی دار گردید (شکل ۹). در نتیجه با افزایش وزن خشک جنین می‌توان این انتظار را داشت که گیاهی که تنش رطوبت را زود ببیند با احتمال ۵٪ و گیاهی که تنش رطوبت را دیر می‌بیند با احتمال ۱٪ جوانه زنی آن افزایش می‌یابد. در گیاه شاهد در صد جوانه زدن با وزن خشک جنین رابطه‌ای نداشته است (شکل ۹) ولی با درصد رطوبت بذر ذرت رابطه منفی داشته است (شکل ۷) برای این اساس شروع قابلیت جوانه زدن بذر را نمی‌توان با وزن خشک جنین مربوط دانست ولی می‌توان به این نتیجه رسید که وقتی رطوبت بذر به ۴۵٪ برسد قابلیت جوانه زدن شروع می‌شود و با کاهش درصد رطوبت، درصد جوانه زدن افزایش می‌یابد (شکل ۷). در همین رابطه دلوج (Delouche, 1958) مشخص کرد که مرحله بلوغ بذر چمن کنتاکی در زمان برداشت، اثر اندکی بر طول دوره خفتگی داشته است، به طوری که هر چه مقدار رطوبت بذر در زمان برداشت بیشتر باشد، میزان دوره خفتگی نیز بیشتر خواهد بود. با نگاهی به رگرسیون خطی بین درصد رطوبت بذر و هم‌چنین وزن خشک جنین با درصد جوانه زدن (شکل ۷ و ۹) مشخص می‌شود که در هر دو سطح از تنش رطوبت خاک مانند شاهد درصد جوانه زدن با درصد رطوبت دانه رابطه منفی به صورت

References

منابع مورد استفاده

- کاپلند، ال، دی و ام. بی، مکدونالد. ۱۳۷۵. تکنولوژی بذر. ترجمه: سرمدنیا، غ. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- موسوی، س. ک.، قاسمی گل‌عدانی، ح. کاظمی، و م. ولیزاده. ۱۳۷۷. تغییرات کیفیت بذور دو رقم جو در مراحل مختلف نمو و رسیدگی. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.
- Barlow, E. W. R., J. W. Lee, R. Munns, and M. G. Smart. 1980. Water relations of developing wheat grain. *Aust. J. Plant Physiol.* 7:519-525.
- Borowski, A. M., V.A., Fritz and L. Jr., Waters. 1991. Seed maturity influences germination and vigor of two shrunken-2 sweet corn hybrids. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116:401-404.
- Bradford, K. J. 1994. Water stress and the water relations of seed development. *Crop Sci.* 34:1-11.
- Cochrane, M.P. 1983. Morphology of the crease region in relation to assimilatic uptake and water loss during caryopsis development in barley and wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 10:473-491.
- Deiouché, J. C. 1958. Germination of kentucky bluegrass harvested at different stages of maturity. *proceedings of the*

- Association of Official Seed Analysts. 48:81-84.
- Dungan, G. H. 1999. Some factors affecting the water absorption and germination of seed corn. Iowa Agriculture Experiment Station Research Bulletin.
- Fountain, D. W., and H. A. Outred. 1990. Seed development in *phaseolus vulgaris* L.cv. Seminole: II Precocious germination in late maturation. Plant Physiol. 93:1089-1093.
- Galston, A. W. 1994. Life processes of plants. Scientific american library. PP:245.
- McCarty, D. R., and C. B. Carson. 1991. The molecular genetics of seed maturation in maize. Plant Physiol. 81:267-272.
- McDonald, M. B., and L. Copeland. 1997. Seed production, principles and practices. Chapman & Hall Publishing. PP: 749.
- Ouattar, S., R. J. Jones, and R. K. Crookston. 1987a. Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. Crop Sci. 27:730-735.
- Ouattar, S., R. J. Jones, R. K. Crookston, and M. Kajeiou. 1987b. Effect of drought on water relations of developing maize kernels. Crop Sci. 27:730-735.
- Romagosa, I., F. Han, J. A. Clancy, and S. E. Ullrich. 1999. Individual locus effects on dormancy during seed development and after ripening in barley. Crop Sci. 39:74-79
- Sprague, G. F. 1996. The relation of moisture content and time of harvest to germination of immature corn. Iowa Agriculture Experiment Station Research Bulletin. 101:112-145.
- Thorne, J. H. 1981. Morphology and ultrastructure of material seed tissues of soybean in relation to the import of photosynthate. Plant Physiol. 67:1016-1025.
- Westgate, M. E., and J. S. Boyer. 1986. Water status of the developing grain of maize. Agron.J. 78:714-719.
- Xu, N., and J. D. Bewley. 1991. Sensitivity to abscisic acid and osmoticum changes during embryogenesis of alfalfa (*Medicago sativa*). J. Exp. Bot. 42:821-826.