نقش کولئوپتیل ارقام گندم و جو دیم در مدیریت کاشت

علیرضا خداشناس[۱]

چکیده

استقرار بوته مرحله کلیدی در چرخه زندگی محصولات زراعی است و طول کولئوپتیل تعیین کننده کلیدی در موفقیت استقرار غلات است. با توجه به اهمیت کولئوپتیل در استقرار بوته و تأثیر بر پتانسیل عملکرد دانه غلات دیم این ارزیابی با هدف تعیین طول کولئوپتیل ارقام گندم و جو دیم برای لحاظ در برنامه‌های مدیریتی کاشت غلات دیم انجام شد. در این ارزیابی بذور سالم و بدون خسارت فیزیکی از ۱۳ رقم گندم و ۹ رقم جو دیم انتخاب و طول کولئوپتیل آنها تعیین شد. نتایج نشان داد که ارقام گندم و جو دیم از نظر طول کولئوپتیل تفاوت معنی‌داری دارند. در بین ارقام گندم رقم صدرا بیشترین (۱۱۸ میلی‌متر) و رقم ریژاو کم‌ترین (۵۸ میلی‌متر) طول کولئوپتیل را به‌خود اختصاص دادند. جو رقم انصار با طول کولئوپتیل ۱۱۴ میلی‌متر بیشترین و جو رقم ماهور با طول کولئوپتیل ۸۰ میلی‌متر کم‌ترین میزان طول کولئوپتیل را در بین ارقام جو نشان دادند. بر مبنای نتایج، ارقام گندم و جو زمستانه کولئوپتیل طویل‌تری نسبت به ارقام بهاره دارند بنابراین، حساسیت برای تهیه بستر کاشت و تنظیم عمق مناسب و میزان بقایا برای ارقام بهاره بیشتر از ارقام زمستانه خواهد بود.

واژگان کلیدی: استقرار گیاه، جو، عمق کاشت، کولئوپتیل، گندم.

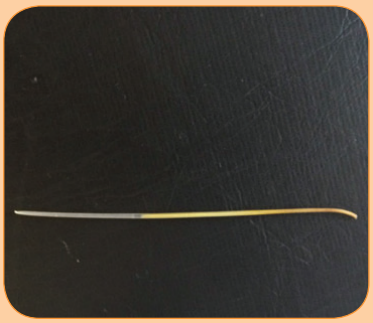
مقدمه

در مدیریت غلات با عملکرد دانه بالا کاشت و استقرار موفق بوته یک نیاز کلیدی و عامل تعیین کننده اصلی عملکرد دانه گندم در اغلب نقاط دنیا از جمله عملکرد گندم زمستانه در نواحی کم باران است (Rebetzke et al., 2016؛ Schillinger et al., 2017؛ Trethowan et al., 2001). کولئوپتیل با ساختاری غلاف مانند با حفاظت از اولین برگ، به رسیدن آن به سطح خاک کمک می‌کند و زمانی که سطح خاک را می‌شکافد رشد آن متوقف شده و اولین برگ ظاهر خواهد شد (Paynter et al., 2007) (شکل ۱). کولئوپتیل برای دستیابی به استقرار خوب بوته بسیار مهم است زیرا پس از جوانه‌زنی، جوانه را به سطح خاک می‌رساند و طول و برهمکنش آن با ویژگی‌های فیزیکی خاک توانایی ارقام را برای سبزشدن از اعماق خاک تعیین می‌کند بنابراین استقرار موفق بوته نیازمند کولئوپتیلی با طول قابل مقایسه با عمق کاشت است (Botwright et al., 2001؛Bovill et al., 2019). چنانچه بذر در عمق زیاد کشت شود، در اثر وجود لایه ضخیم خاک روی بذر، کولئوپتیل توانایی خروج از خاک را نخواهد داشت بنابراین اولین برگ زیر سطح خاک پس از فشار بر نوک کولئوپتیل خارج می‌شود؛ اولین برگ نازک است، ساختار استحکامی ضعیفی دارد و آنچه که اغلب در شرایط رطوبتی کم خاک اتفاق می‌افتد عدم وجود نیروی خروج از خاک یا توانایی بالا آمدن است (Schillinger et al., 2017). اگر کولئوپتیل به سطح خاک نرسد، اولین برگ زیر سطح خاک ظاهر خواهد شد و حالت تاخوردگی پیدا می‌کند و در این حالت گیاه از بین می‌رود (شکل‌های ۲ و ۳). کاشت عمیق بذر در فصولی مطرح می‌شود که رطوبت بذر در خاک سطحی کم است و باید از رطوبت خاک عمقی برای سبز شدن بوته استفاده

۱. استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بجنورد، ایران. khodashenas48@yahoo.com

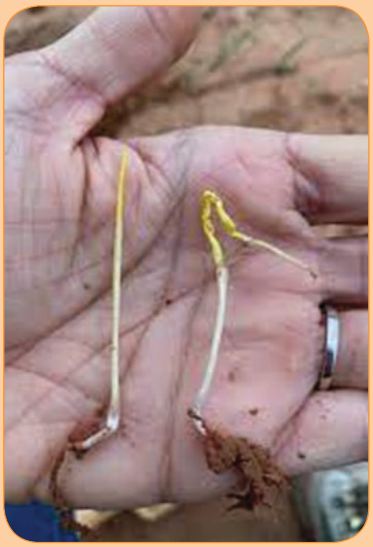
کرد (Paynter et al., 2007). کاشت عمیق به کشاورزان اجازه می‌دهد که از رطوبت زیر خاک سطحی خشک استفاده کنند، به گونه‌ای که کشت در زمان مناسب اتفاق افتد، انتخابی برای فرار از اثرات سمی ناشی از علف‌کش‌های پیش‌رویشی بوده و شکار بذرهای جوانه‌زده توسط پرندگان و جوندگان را کاهش می‌دهد (Rebetzke & Richards, 2000؛Rebetzke et al., 2004). کاشت عمیق‌تر و افزایش بقایا اثر معکوسی بر ویژگی‌های گیاهچه‌ها به‌ویژه کندی ظهور گیاهچه داشته و باعث کاهش تعداد پنجه و کاهش زیست‌توده گیاهی و عملکرد دانه می‌شود (Mahdi et al., 1998؛Rebetzke et al.,2005). طی یک بررسی به ازای هر یک میلی‌متر افزایش عمق کاشت از ۳۹ میلی‌متر به بعد رقم گندم کولئوپتیل کوتاه کولین (۶۴ میلی‌متر طول کولئوپتیل) ۱۳ کیلوگرم در هکتار کاهش عملکرد دانه نشان داد در حالی که رقم گندم کولئوپتیل بلند گوتا (۱۰۲ میلی‌متر طول کولئوپتیل) ۷ کیلوگرم کاهش عملکرد دانه در هر هکتار نشان داد (Rebetzke et al., 2007). کولئوپتیل طویل ابزار مفیدی برای مدیریت تنوع اقلیمی است و به کشاورزان جوکار نیز کمک می‌کند که کاشت را نزدیک‌تر به زمان کشت مطلوب و در خاک مرطوب عمقی انجام دهند، مشخص شده‌است که ارقام جو با طول کولئوپتیل کم‌تر از ۹۰ میلی‌متر نسبت به ارقامی با طول کولئوپتیل بیشتر از ۹۰ میلی‌متر، بیشتر تحت تأثیر عمق کشت هستند (Paynter et al., 2010).

استقرار بوته‌های گندم با وجود بقایای گیاهی کاهش می‌یابد (Rebetzke et al., 2000). در یک مطالعه زراعی، افزایش توده بقایا از صفر به سه و پنج تن در هکتار ظهور گیاهچه را به تاخیر انداخت، تعداد بوته را کاهش داد و منجر به کاهش زیست‌توده شد و در این رابطه ژنوتیپ‌های گندم دارای کولئوپتیل کوتاه، ظهور گیاهچه کندتری داشته و زیست‌توده کم‌تری در سه و شش تن بقایا نسبت به ژنوتیپ‌های دارای کولئوپتیل بلند داشتند. در این بررسی ظهور گیاهچه‌ها از عمق ۵۰ میلی‌متری با میزان بقایای سطحی ۶ تن در هکتار، مشابه کاشت در عمق ۱۲۰ میلی‌متری خاک بدون کاه و کلش بود، به عبارت دیگر بقایای گیاهی اثری مشابه با کاشت عمیق نشان می‌دهند؛ ارقام گندم و جو دارای کولئوپتیل کوتاه با بقایای سطحی زیاد، کندتر سبز می‌شوند، حالت نرمال ندارند و تعداد پنجه عقیم بیشتری دارند، اما کولئوپتیل طویل در گندم اجازه کاشت عمیق و یا کاشت در بقایا را فراهم می‌کند، بنابراین در سیستم‌های بدون شخم نیز کولئوپتیل طویل‌تر سودمند است (Rebetzke et al.,2005؛Paynter et al., 2007). شرایط محیطی به‌ویژه دمای خاک طی دوره جوانه‌زنی و ابتدای رشد بر طول کولئوپتیل غلات تأثیر دارد (Botwright et al., 2001؛Trethowan et al., 2001). در یک بررسی دمای بالاتر به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ۴۰ درصدی طول کولئوپتیل شد به گونه‌ای که با افزایش دمای خاک از ۱۵ درجه سانتی‌گراد به ۲۷ درجه سانتی‌گراد طول کولئوپتیل از ۱۳۸ میلی‌متر به ۸۳ میلی‌متر کاهش یافت (Rebetzke et al.,2016). پتانسیل پایین آب خاک نیز ممکن است باعث کاهش طول کولئوپتیل از طریق



شکل ۱- غلاف کولئوپتیل رشد کرده که اجزای رویشی را در خود جای داده است.

شکل ۲- برگ اول تا خورده زیر سطح خاک به علت عدم تطابق عمق کاشت و طول کولئوپتیل



شکل ۳- در سمت راست کولئوپتیل به سطح خاک نرسیده و برگ اول زیر سطح خاک خارج شده و تاخورده است و در سمت چپ کولئوپتیل سطح خاک را شکافته است.

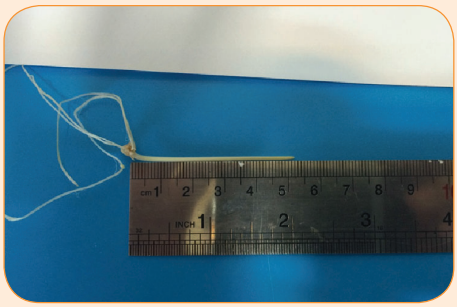
ممانعت از رشد سلولی شود (Guedira et al., 1997). کولئوپتیل‌های کوتاه‌تر گندم‌های نیمه پاکوتاه در شرایطی که بستر بذر مناسب باشد اثر نامطلوبی بر استقرار بوته ندارد اما در شرایط کاشت عمیق (عمیق‌تر از ۵۰ میلی‌متر) یا نامناسب بودن تنظیم ادوات کاشت ممکن است منجر به سبز بوته کم‌تر، سبز دیرتر یا سطح برگ ضعیف‌تر گیاهچه‌ها شود. همچنین می‌تواند منجر به کاهش سطح سبز در شرایط کاشت مستقیم، حفظ بقایا، دمای بالای خاک، خاک اسیدی یا استفاده از بذور ضعیف برای کاشت شود، گرچه گزارش شده‌است که برای ظهور گیاهچه گندم صفات ژنتیکی نیز اهمیت دارند (Rebetzke et al., 2001؛ Rebetzke et al., 2004؛ Schillinger et al., 2017). ارقام دارای بذور بزرگ‌تر ضرورتاً طول کولئوپتیل بزرگ‌تری ندارند اما در یک رقم افزایش وزن بذر می‌تواند با افزایش طول کولئوپتیل همراه باشد (Paynter et al., 2007).

مطالعات محققان حاکی از آن است که طول کولئوپتیل به‌طور معنی‌داری بر استقرار گندم تأثیر دارد و در ترکیب با راهبردهای مدیریتی می‌تواند نقش اساسی در عملکرد مزرعه داشته باشد (Bovill et al., 2019). بررسی‌ها در مزارع کشاورزان استرالیا نشان داده است که همبستگی بالایی بین طول کولئوپتیل و سبز بوته در شرایط کاشت کم عمق و عمیق گندم و جو وجود دارد و زمانی که گندم‌های با کولئوپتیل کوتاه در اعماقی بیش از ۵۰ میلی‌متر کاشته می‌شوند، عملکرد دانه حداقل ۱۰ درصد کاهش می‌یابد (Rebetzke et al., 2004). تشخیص اندازه کولئوپتیل می‌تواند به کشاورزان در اتخاذ تاکتیک‌های مدیریتی درزمان کاشت از جمله مدیریت بقایا، کاشت داخل فارو و کاربرد قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌های قابل اختلاط با خاک در زمان کاشت کمک کند (Paynter et al., 2010). با توجه به اهمیت کولئوپتیل در استقرار بوته و تأثیر بر پتانسیل عملکرد دانه غلات دیم این آزمایش با هدف تعیین طول کولئوپتیل ارقام گندم و جو دیم برای لحاظ در برنامه‌های مدیریتی کاشت غلات دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

طول کولئوپتیل ارقام گندم و جو دیم طی سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در آزمایشگاه مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی ارزیابی شد. ۱۳ رقم گندم دیم و ۹ رقم جو دیم (جدول ۱) در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند. از بذور تولیدی همان سال تعداد ۶۰ بذر سالم و بدون خسارت فیزیکی از هر رقم انتخاب شد و ارزیابی طول کولئوپتیل بر مبنای دستورالعمل موهان و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد (Mohan et al., 2013). (شکل‌های ۴ و ۵). داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

شکل ۴- نمونه‌های آماده شده برای ارزیابی طول کولئوپتیل ارقام گندم و جو



شکل ۵- نمونه‌ای از چگونگی اندازه طول کولئوپتیل ارقام گندم و جو

جدول ۱- ارقام گندم و جو دیم مورد بررسی

ارقام گندم			ارقام جو			
زمستانه		بینابین	بهاره	زمستانه	بینابین	بهاره
هشترود	رصد	ریژاو	آسمان	انصار	سهند	خرم
اوحدی	صدرا		کوهدشت	آبیدر	نادر	ایذه
آذر۲	باران		کریم		سرارود۱	ماهور
کراس سبلان	سرداری		آفتاب			

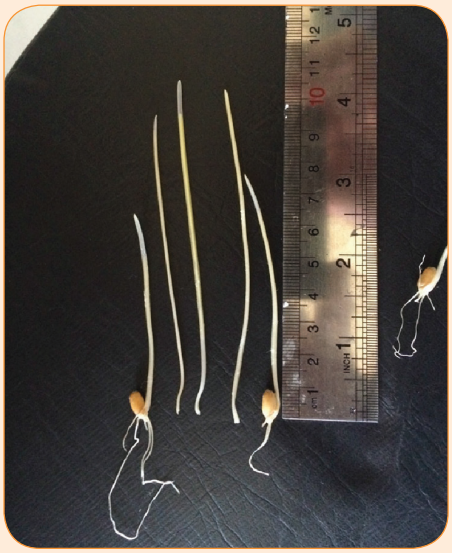
نتایج

طول کولئوپتیل ارقام گندم و جو دیم مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲) (شکل ۶). در بین ارقام گندم رقم صدرا با میانگین طول کولئوپتیل ۱۱۸ میلی‌متر بیشترین و رقم ریژاو با میانگین طول کولئوپیتل ۵۸ میلی‌متر کم‌ترین مقدار این صفت را نشان دادند (جدول ۲). در مطالعه‌ای طول کولئوپتیل ژنوتیپ‌های گندم در دامنه ۱۱۹-۸۴ میلی‌متر متغیر و معنی دار بود (Rebetzke et al., 2016). در بررسی دیگری که روی ۶۶۲ رقم گندم جمع‌آوری شده از سراسر دنیا انجام شد، طول کولئوپتیل آنها در دامنه ۱۱۴-۳۴ میلی‌متر متغیر بود؛ در این بررسی طول کولئوپتیل اغلب ارقام بین ۴۱ تا ۹۰ میلی‌متر و میانگین آن ۶۲/۴ میلی‌متر بود (Mohan et al., 2013). بنابراین ارقام گندم زمستانه مورد بررسی از نظر طول کولئوپتیل شرایط خوبی دارند و در زمره ارقام دارای کولئوپتیل بلند به حساب می‌آیند، اما ارقام گندم بهاره از این نظر در شرایط متوسط قرار دارند.

در ارقام جو بیشترین طول کولئوپتیل برای رقم انصار و به میزان ۱۱۴ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار آن در رقم ماهور و به میزان ۸۰ میلی‌متر ثبت شد (جدول ۲). طی یک مطالعه روی ۴۴ رقم جو طول کولئوپتیل ارقام در دامنه ۹۳-۳۹ میلی‌متر قرار داشت و اختلاف بین طول کولئوپتیل‌های ارقام معنی‌داری بود، در این آزمایش فقط دو رقم جو طول کولئوپتیل بالای ۹۰ میلی‌متر داشتند و هیچ یک طول کولئوپتیل بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر نداشتند (Paynter et al., 2010). در ارقام جو مورد بررسی طول کولئوپتیل بلندتر از ۱۰۰ میلی‌متر در برخی از ارقام مشاهده‌شد، این ارقام عمدتا زمستانه و بینابین هستند و در گروه طول کولئوپتیل بلند قرار می‌گیرند. کولئوپتیل طویل‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر در ارقام جو برای کمک به کشاورزان برای کاشت نزدیک به زمان مطلوب؛ همچنین زمانی که بقایا در سطح خاک نگهداری می‌شود، می‌تواند مفید باشد (Paynter et al., 2010). از آنجا که طول کولئوپتیل به‌طور معنی‌داری با توانایی سبزشدن بوته ارتباط دارد و به‌ترتیب عامل ۶۲ و ۷۱ درصد از تنوع در سبزشدن لاین‌ها و ارقام مورد بررسی بوده‌است (Schillinger et al., 1994)، تفاوت مشاهده شده بین طول کولئوپتیل ارقام جو می‌تواند برای بهبود تحمل به کاشت عمیق و حفظ بقایا مورد توجه قرار گیرد؛ همچنین ابزار مفیدی برای مدیریت در شرایط تنوع اقلیمی است که به کشاورزان جوکار کمک می‌کند زمانی که رطوبت در خاک عمقی وجود دارد اما در سطح نیست کاشت بذر را نزدیک به زمان مطلوب کاشت انجام دهند (Paynter et al., 2007). توجه به این پتانسیل ارقام برای مدیریت مزارع دیم سودمند خواهد بود.

مطالعات محققان حاکی از آن است که طول کولئوپتیل به‌طور معنی‌داری بر استقرار گندم تأثیر دارد و در ترکیب با راهبردهای مدیریتی می‌تواند نقش اساسی در عملکرد مزرعه داشته باشد.

بررسی‌ها در مزارع کشاورزان استرالیا نشان داده است که همبستگی بالایی بین طول کولئوپتیل و سبز بوته در شرایط کاشت کم عمق و عمیق گندم و جو وجود دارد.



شکل ۶- تفاوت اندازه طول کولئوپتیل در ارقام گندم و جو

جدول ۲- مقایسه میانگین طول کولئوپتیل ارقام گندم و جو دیم

ارقام جو		ارقام گندم	
طول کولئوپتیل (میلی‌متر)	رقم	طول کولئوپتیل (میلی‌متر)	رقم
۱۱۴ a	انصار	۱۱۸ a	رصد
۱۰۶ ab	آبیدر	۱۱۶ ab	صدرا
۱۰۴ ab	سهند	۱۱۵ ab	باران
۱۰۳ b	نادر	۱۱۵ ab	سرداری
۸۹ c	خرم	۱۱۳ ab	هشترود
۸۵ c	ایذه	۱۱۰ bc	اوحدی
۸۴ c	سرارود۱	۱۰۴ dc	کراس سبلان
۸۰ c	ماهور	۹۸ de	آذر۲
		e	آسمان
		۷۶ f	کوهدشت
		۷۲ f	کریم
		۶۴ g	آفتاب
		g	ریژاو

میانگین‌های هر ستون که در یک حرف مشترک باشند در سطح پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

شکل ۷- تأثیر طول کولئوپتیل بر سبز شدن موفق بوته، سمت راست عمق کاشت مناسب همراه با بوته سالم و قوی، وسط کاشت عمیق و خروج بوته از خاک اما بوته ضعیف‌تر از عمق مناسب است، سمت چپ کشت بسیار عمیق و نامناسب که باعث تاخوردگی برگ‌ها زیر خاک و عدم سبز شدن بوته شده است.

توصیه ترویجی

طول کولئوپتیل برای یک رقم ویژگی مهمی است زیرا تعیین کننده حداکثر عمقی است که یک رقم می‌تواند کشت شود؛ ارقام دارای کولئوپتیل کوتاه اگر عمیق کشت شوند دیرتر سبز می‌شوند و اگر در عمقی بیش از طول کولئوپتیل شان کشت شوند ممکن است سبز نشوند (Paynter et al., 2007) (شکل ۷). نتایج نشان می‌دهد که برای مناطق سرد، ارقام گندم و جو با کولئوپتیل بلند در دسترس است گرچه باید توجه داشت که طول کولئوپتیل این ارقام نیز محدود است و باید مقدار بقایا در سطح خاک و تنظیم عمق مناسب کاشت برای استقرار موفق بوته‌ها مدنظر قرار گیرد. اما ارقام گندم و جو دیم معرفی شده برای مناطق معتدل و گرم طول کولئوپتیل بلند ندارند، گرچه طول کولئوپتیل رقم آسمان بر سایر ارقام بهاره گندم برتری قابل توجه و معنی‌داری داشت. با توجه به این که در مناطق معتدل و گرم دمای هوا بالاتر بوده و به تبع آن دمای خاک نیز بالاتر خواهد بود و بر طول کولئوپتیل تأثیر منفی خواهد داشت، مدیریت بستر کاشت از جمله رعایت عمق کاشت مناسب که از حداکثر طول کولئوپتیل رقم مورد کاشت کم‌تر باشد و در نظر گرفتن میزان بقایا و نیز استفاده از ارقام با کولئوپتیل طویل‌تر نظیر گندم رقم آسمان اهمیت بیشتری خواهد داشت.

سپاسگزاری

از مسئول و کارشناسان محترم واحد ثبت و گواهی بذر و نهال مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی برای همکاری در انجام آزمایش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Botwright, T., Rebetzke, G., Condon, T., and Richards, R. 2001. The effect of rht genotype and temperature on coleoptile growth and dry matter partitioning in young wheat seedlings. Australian Journal of Plant Physiology, 28: 417–423.

2. Bovill, W.D., Hyles, J., Zwart, A.B., Ford, B.A., Perera, G., Phongkham, T., Brooks, B.J., Rebetzke, G.J., Hayden, M.J., Hunt, J.R., and Spielmeyer, W. 2019. Increase in coleoptile length and establishment by Lcol-A1, a genetic locus with major effect in wheat. BMC Plant Biology, 19: 332- 342.

3. Guedira, M., Shroyerm, J.P., Kirkham, M.B., and Paulsen, G.M. 1997. Wheat Coleoptile and Root Growth and Seedling Survival after Dehydration and Rehydration. Agronomy Journal 89:822-826.

4. Mahdi, L., Bell, C.J., and Ryan, J. 1998. Establishment and yield of wheat (Triticum turgidum L.) after early sowing at various depths in a semi-arid Mediterranean environment. Field Crops Research, 58: 187-196.

5. Mohan, A., Schillinger, W.F., and Gill, K.S. 2013. Wheat Seedling Emergence from Deep Planting Depths and Its Relationship with Coleoptile Length. PLoS One 8(9): e73314. doi: 10.1371/journal.pone.0073314

6. Paynter B., S. Cartledge and P. Clarke. 2007. Coleoptile length of barley cultivars. 13th Australian Barley Technical Symposium, 26 – 30 August 2007, Fremantle, Western Australia.

7. Paynter, B.H., Peter, G., and Clarke, Y. 2010. Coleoptile length of barley (Hordeum vulgare L.) cultivars. Genetic Resources and Crop Evolution, 57:395–403.

8. Rebetzke, G.J., and Richards, R.A. 2000. Gibberellic acid-sensitive dwarfing genes reduce plant height to increase kernel number and grain yield of wheat. Australian Journal of Agricultural Research, 51: 235–245.

9. Rebetzke, G.J., Appels, R., Morrison, A.D., Richards, R.A., McDonald, G., Ellis, M.H., Spielmeyer, W., and Bonnett, D.G. 2001. Quantitative trait loci on chromosome 4B for coleoptile length and early vigour in wheat (Triticum aestivum L.). Australian Journal of Agricultural Research, 52: 1221–1234.

10. Rebetzke, G.J., Richards, R.A., Sirault, X.R.R., and Morrison, A.D. 2004. Genetic analysis of coleoptile length and diameter in wheat. Australian Journal of Agricultural Research, 55: 733–743.

11. Rebetzke, G.J., Bruce, S.E., and Kirkegaard J.A. 2005. Longer coleoptiles improve emergence through crop residues to increase seedling number and biomass in wheat (Triticum aestivum L.). Plant and Soil, 272: 87–100.

12. Rebetzke, G.J., Richards, R.A., Fettell, N.A., Long, M., Condon, A.G., Forrester, R.I., and Botwright, T.L. 2007. Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. Field Crops Research, 100: 10–23.

13. Rebetzke, G.J., Zheng, B., and Chapman, S.C. 2016. Do wheat breeders have suitable genetic variation to overcome short coleoptiles and poor establishment in the warmer soils of future climates? Functional Plant Biology, 43: 961-972.

14. Schillinger, W.F., Donaldson, E., Allan, R.E., and Jones, S.S. 1998. Winter Wheat Seedling Emergence from Deep Sowing Depths. Agronomy Journal 90: 582–586.

15. Schillinger, W.F., Schofstoll, S.E., Smith T.A., and Jacobsen, J.A. 2017. Laboratory Method to Evaluate Wheat Seedling Emergence from Deep Planting Depths. Agronomy Journal 109:1–7.

16. Trethowan, R.M., Sing, R.P., Huerta-Espino, J., Crossa, J., and Ginkel, M.V. 2001. Coleoptile length variation of near-isogenic Rht lines of modern CIMMYT bread and durum wheats. Field Crops Research, 70: 167-176.