اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی دانه گندم دیم در استان کردستان

فیروزه شریفی کالیانی[۱]، عادل سی‌وسه مرده[۲*]، فرزاد حسین پناهی[۳] و سعید جلالی هنرمند[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰)

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذر گندم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات کیفی دانه گندم دیم رقم آذر ۲ در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای پرایمینگ شامل شاهد (بدون پرایمینگ)، کلرید پتاسیم (یک درصد)، اوره (دو درصد)، سولفات روی (۰/۶ درصد)، کلرید کلسیم (۱/۴ درصد)، ویتاسپرین (یک گرم در لیتر)، سیتوکینین (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و آب (هیدروپرایمینگ) بودند. نتایج نشان داد که در هر دو سال زراعی، پرایمینگ بذور با کلرید کلسیم و آب اثرات مثبتی بر بهبود عملکرد دانه داشتند. در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، پرایم بذور با کلرید کلسیم از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد زیستی و وزن هزار دانه عملکرد دانه را از ۲۹۱ گرم در مترمربع (شاهد) به ۴۱۱ گرم در مترمربع و در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، از طریق افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه را از ۱۸۶ گرم در مترمربع به ۲۰۴ گرم در مترمربع افزایش داد. همچنین در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، پرایم بذور با آب با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد زیستی، عملکرد دانه را از ۲۹۱ گرم در مترمربع به ۳۶۹ گرم در مترمربع و در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، با افزایش عملکرد زیستی و وزن هزار دانه، عملکرد دانه را از ۱۸۶ گرم در مترمربع به ۲۲۵ گرم در مترمربع بهبود بخشید، لذا با توجه به اثرات مثبت هیدروپرایم در هر دو سال زراعی و هزینه بالای استفاده از ترکیباتی شیمیایی و عناصر غذایی جهت پرایم بذر برای کشاورز، هیدروپرایم به‌عنوان روشی مقرون به‌صرفه برای افزایش عملکرد در شرایط دیم قابل پیشنهاد است.

واژه‌های کلیدی: آب، پیش تیمار کردن، کلرید کلسیم، وزن هزار دانه

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران
۴. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a33@uok.ac.ir

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک استقرار ضعیف گیاهچه از علل رایج پایین بودن عملکرد در گیاهان زراعی از جمله گندم است (۲). گندم یک ماده اساسی در رژیم غذایی تقریباً ۲/۵ میلیارد نفر و منبع اصلی پروتئین در تغذیه انسان است (۲۷) و ۲۲ درصد از سطح زیر کشت جهانی محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است (۲۱). به‌منظور کاهش صدمات ناشی از تنش خشکی و برای بهبود عملکرد گندم، پرایمینگ بذور روشی منطقی، کم هزینه و کاربردی است (۲۹). در فرایند پرایمینگ، جذب آب توسط بذر در طی مرحله آبنوشی کنترل شده به‌طوری که فعالیت‌های متابولیکی آغاز می‌شود ولی از خروج ریشه‌چه جلوگیری به عمل می‌آید (۲۵). در آزمایش یاری و همکاران (۳۰)، پیش تیمار بذور با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم نیز باعث بهبود استقرار گیاهچه، تعداد پنجه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه در گندم شد. هریس و همکاران (۱۶) نیز گزارش کردند که پیش تیمار بذر گندم با سولفات روی و آب نیز باعث افزایش عملکرد زیستی و عملکرد دانه در گندم شده ولی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشته است. همچنین پرایم بذور گندم با عناصر ریز مغذی مانند آهن و روی نیز باعث افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در آن شده است (۲۴). پرایمینگ بذر گندم علاوه بر اثراتی که بر افزایش عملکرد دانه و اجزای آن دارد، میزان پروتئین دانه و خصوصیات نانوایی دانه گندم را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد به‌طوری که گزارش شده است که اسموپرایمینگ بذور گندم اثرات مثبتی بر افزایش محتوای پروتئین دارد (۸)، همچنین در آزمایش عبدالهی و شکری (۱) پرایم بذور با سالیسیلیک اسید علاوه بر بهبود عملکرد دانه گندم، محتوای گلوتن دانه و شاخص گلوتن را بهبود بخشید. با توجه به آنچه که بیان شد و با عنایت به اینکه استان کردستان رتبه اول سطح زیر کشت و میزان تولید گندم دیم را به خود اختصاص داده است (۶) مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات پرایمینگ بذور گندم بر عملکرد، اجزای عملکرد، میزان پروتئین دانه و برخی خصوصیات نانوایی گندم دیم رقم آذر ۲ انجام شده است، از طرفی اطلاعات اندکی در زمینه کاربرد توأم سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید جهت پرایمینگ بذر در شرایط دیم وجود دارد به‌همین دلیل در این آزمایش از ویتاسپرین استفاده شده است. ویتاسپرین در گروه داروهای ضد تب، ضد التهاب و ضد استرس دام و طیور قرار دارد و هر گرم از آن شامل ۲۵۰ میلی‌گرم آسپرین و ۲۰ میلی‌گرم ویتامین C است و تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با اثر آن بر گیاهان زراعی انجام نشده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام شد. این مزرعه با مختصات جغرافیایی ۳۵/۱۸ درجه شمالی و ۴۷/۱۸ درجه شرقی در ۳۵ کیلومتری شرق شهرستان سنندج واقع است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۶۶ متر و میانگین بارندگی سالیانه این منطقه ۳۵۰ میلی‌متر می‌باشد (۱۹). جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت بذور از نقاط مختلف مزرعه (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) نمونه برداری انجام و نتایج آزمون خاک در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش روی بذور گندم دیم رقم آذر ۲ به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۸ تیمار پرایمینگ (شاهد، اوره دو درصد، سولفات روی ۰/۶ درصد، کلرید پتاسیم یک درصد، کلرید کلسیم ۱/۴ درصد، ویتاسپرین با غلظت یک گرم در لیتر و سیتوکینین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و هیدورپرایم) اجرا شد. رقم آذر ۲ از تلاقی دو رقم سرداری (سفید) و اینیا حاصل شده است که زود رس، متحمل به سرما، خشکی، ورس و ریزش دانه است و عملکرد آن در مقایسه با رقم سرداری بالاتر است (۱۸). میانگین وزن هزار دانه رقم آذر ۲، ۴۱/۸-۳۶/۱ گرم، میزان پروتئین دانه آن ۱۱/۷-۱۱/۳ درصد، میزان گلوتن مرطوب آن ۶/۳۰-۷/۲۲ درصد (۱۷)، میانگین عملکرد دانه آن ۲/۰۴ تن در هکتار، شاخص برداشت آن ۳۹/۳ درصد و عملکرد زیستی آن ۴/۹۰ تن در هکتار گزارش شده است (۱۳). جهت پرایم کردن بذور، ۴/۵۰ کیلوگرم بذر آذر ۲ در ۲۲/۵ لیتر (نسبت ۱به ۵) در

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

بافت خاک	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	رس	سیلت	شن	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی
	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(درصد)					($dS\ m^{-1}$)	($g\ kg^{-1}$)
رسی شنی	۱۲/۴	۳۶۲	۰/۰۸	۳۹/۷	۲۹	۳۱/۳	۷/۶۲	۰/۵۰	۰/۹۶

دمای ۱۸–۱۶ درجه سلسیوس در هر یک از محلول‌های فوق به مدت ۱۰ ساعت در شرایط هوادهی قرار گرفتند (۱۵) و سپس بذور پرایم شده، هوا خشک شده و بلافاصله در مزرعه کشت شدند. بذور هر تیمار آزمایشی در ۱۹ خط با فواصل خطوط ۱۵ سانتی‌متر وطول ۶ متر با استفاده از بذر کار غلات با تراکم کاشت ۳۵۰ بذر در مترمربع کشت شدند. فاصله بین تیمارها ۰/۵ متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. به‌منظور اندازه گیری عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد سنبله در متر مربع، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله، بعد از رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت با استفاده از کادر چوبی ۱×۱ متر نمونه برداری انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه از دستگاه NIR -7200 استفاده شد. میزان گلوتن با استفاده از دستگاه گلوتن شور (Perten- GM 2200, Sweden) و سانتریفیوژ مخصوص آن (Perten-CF2015, Sweden) اندازه‌گیری شد (۵) و سپس پارامترهای زیر محاسبه شدند:

$$Glu(t) = Glu(s) + Glu(w) \quad (۱)$$

Glu (t)، Glu (s) و Glu (w) به‌ترتیب گلوتن کل (گرم)، گلوتن قوی (گرم) و گلوتن ضعیف (گرم) است.

$$Glu(i) = \left(\frac{Glu(s)}{Glu(t)}\right) \times 100 \quad (۲)$$

Glu (i)، Glu (s) و Glu (t) به‌ترتیب شاخص گلوتن (درصد)، گلوتن قوی (گرم) و گلوتن کل (گرم) است.

مقادیر عدد سقوط (Falling Number) بر اساس فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و از طریق روش استاندارد AACC, 65-81B (۵) و با استفاده از دستگاه Falling Number (1500-Perten Instruments, Huddinge, Sweden) اندازه‌گیری شد. در پایان، آزمون بارتلت با هدف بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در سال‌های مختلف انجام شد و نتایج نشان داد که در صفات نامبرده واریانس خطاها همگن نبوده و به‌همین دلیل برای اطلاع دقیق از روند تغییرات در طی دو سال، تجزیه و تحلیل داده‌ها در هر سال به‌طور مجزا و به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و SAS انجام شد و همچنین مقایسات میانگین با روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

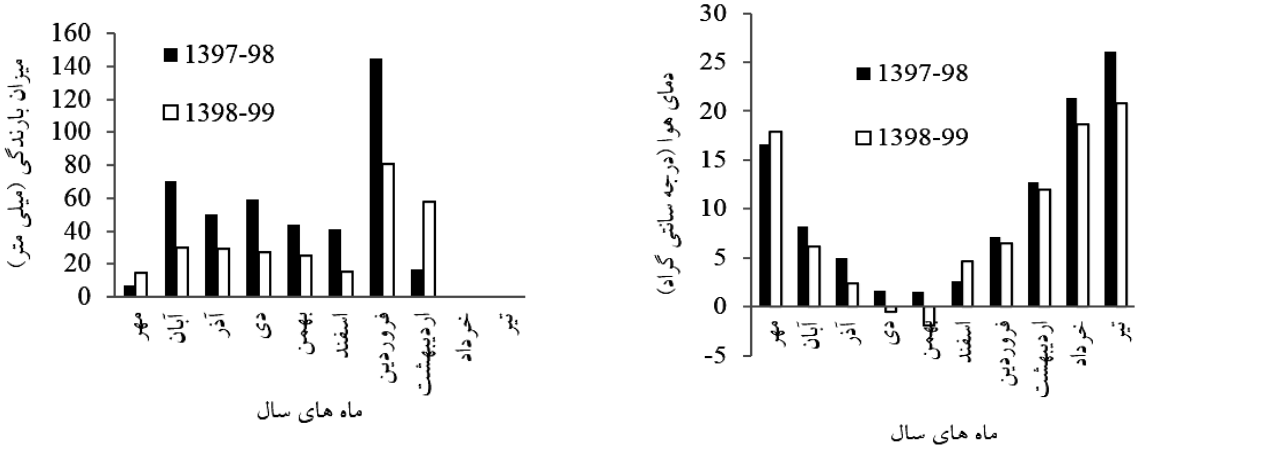
تعداد سنبله در مترمربع

در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، اثر تیمار پرایمینگ بر تعداد سنبله در واحد سطح در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود این درحالی بود که در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، پرایمینگ اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در مترمربع نداشت (جدول ۲). تعداد سنبله در مترمربع در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ به‌دلیل بالاتر بودن میزان بارندگی‌ها (شکل ۱)، بیشتر از سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸ بود (شکل ۲، الف). کاهش تعداد سنبله در مترمربع به‌دلیل افزایش شدت تنش خشکی در آزمایش فاروق و همکاران (۱۲) نیز مشاهده شد. در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایم بذور با سولفات روی، اوره، ویتاسپرین، کلرید کلسیم، آب و کلرید پتاسیم به‌ترتیب بیشترین اثر را در افزایش تعداد سنبله در مترمربع داشتند (شکل ۲، الف). افزایش تعداد سنبله در گندم در اثر پرایمینگ احتمالاً به‌دلیل اثر مثبت آن بر افزایش تعداد پنجه‌های بارور در واحد سطح است که این امر به نوبه خود باعث افزایش تعداد سنبله می‌شود (۲۶).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گندم دیم رقم آذر ۲

	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
			عملکرد زیستی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه
سال اول	بلوک	۲	۹۴۴۶۵۶**	۱۰۰۶۷**	۰/۷۰^{ns}	۱۳۲۷^{ns}	۱۲/۴*	۴/۶۰^{ns}
	پرایم	۷	۸۳۱۲۰**	۱۰۶۲۹**	۹۰/۳**	۲۲۲۳۴**	۳۲/۸**	۲۱/۶*
	خطا	۱۴	۹۱۵۸	۱۳۳۹	۱۹/۳	۱۴۴۷	۲/۹۰	۵/۵۰
	ضریب تغییرات	–	۹/۹۰	۱۰/۸	۱۲/۳	۷/۶۰	۱۰/۱	۵/۷۰
سال دوم	بلوک	۲	۵۷۸۷^{ns}	۱۶۲^{ns}	۳/۸۰^{ns}	۷۹^{ns}	۰/۶۰^{ns}	۶/۸۰^{ns}
	پرایم	۷	۳۵۲۵۸**	۱۴۷۳*	۲۹/۱*	۶۹۹^{ns}	۱/۶۰^{ns}	۱۴/۴*
	خطا	۱۴	۷۵۶۴	۳۹۶	۴/۷۰	۴۴۶	۲/۲۰	۴/۴۰
	ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۵	۱۳/۴	۱۱/۱	۸	۷/۹۰	۵/۳۰

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.



شکل ۱. تغییرات دما و بارندگی محل اجرای آزمایش

تعداد دانه در سنبله

در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، پرایمینگ بذر اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله گذاشت (در سطح احتمال ۱ درصد)، این درحالی بود که در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تیمار پرایمینگ قرار نگرفت (جدول ۲). در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، پرایمینگ باعث کاهش تعداد دانه در سنبله شد و پرایم بذور با سولفات روی، اوره، کلرید پتاسیم و سیتوکینین به‌ترتیب بیشترین اثر معنی‌دار را در کاهش تعداد دانه در سنبله داشتند (شکل ۲، ب). در سال زراعی مذکور تیمار پرایم بذور با سولفات روی بیشترین تعداد سنبله و کمترین تعداد دانه در سنبله را داشته است که این امر به‌دلیل رقابت درون بوته‌ای و اختصاص ماده فتوسنتزی به تعداد سنبله بیشتر منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله شده است. اثر منفی تیمارهای پرایمینگ بر تعداد دانه در سنبله در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به‌واسطه بارندگی بیشتر و دمای

بالاتر در طی پاییز و زمستان در این سال و افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بود که منتج به ایجاد رقابت بین سنبله‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله شده است، این درحالی بود که در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، به‌واسطه شرایط نامساعد محیطی، تعداد سنبله در واحد سطح افزایش چندانی نداشت که منجر به ایجاد رقابت بین سنبله‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله‌ها شود.

وزن هزار دانه

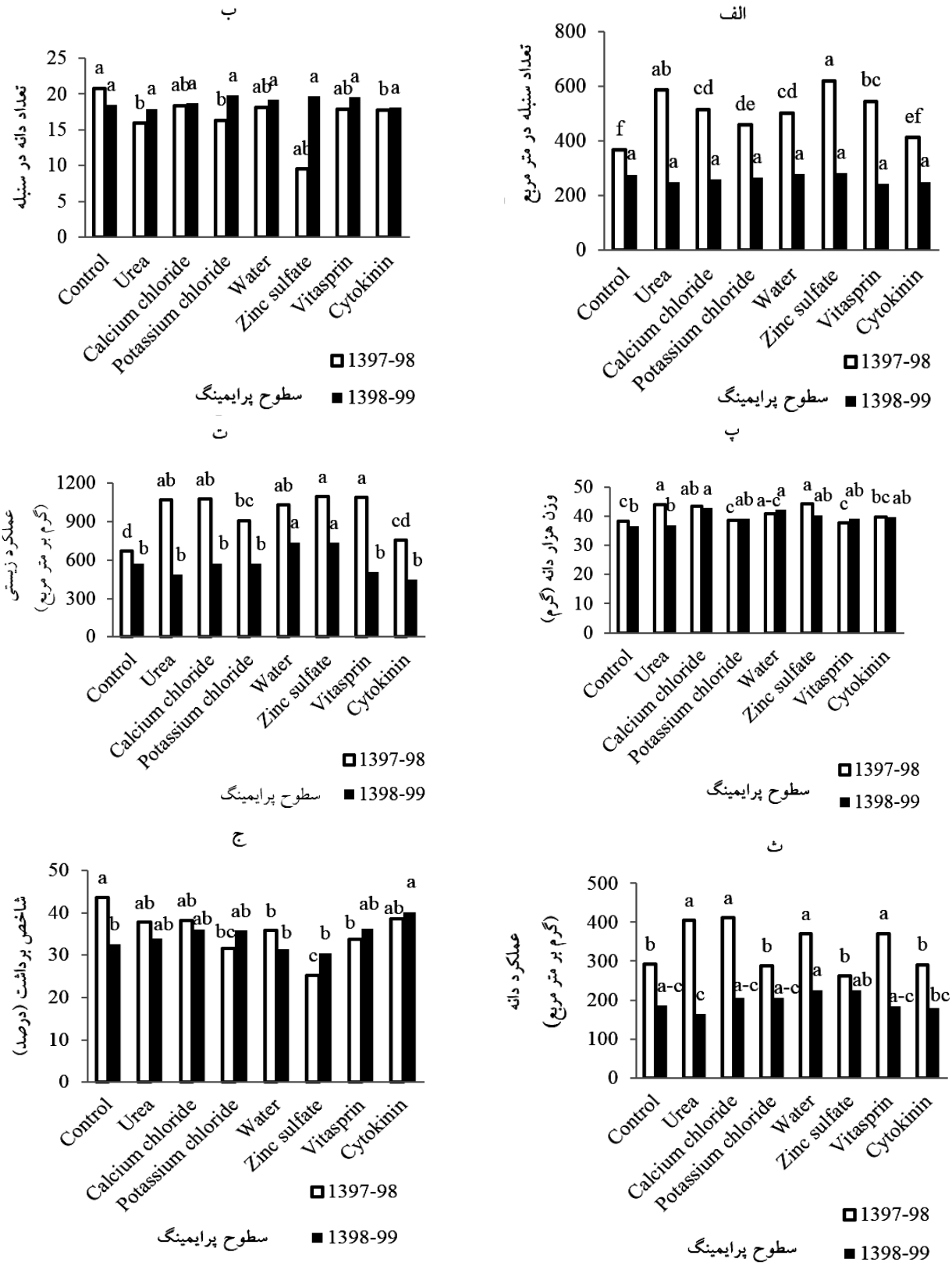
در هر دو سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ و ۹۹–۱۳۹۸ اثر تیمار پرایمینگ بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایم بذور با سولفات روی، اوره و کلرید کلسیم اثر معنی‌داری بر افزایش وزن هزار دانه داشتند و به‌ترتیب وزن هزار دانه را از ۳۸/۳ گرم (شاهد) به ۴۴/۲، ۴۴ و ۴۳/۳ گرم افزایش دادند (شکل ۲، پ). در سال زراعی ۱۳۹۸–۹۹، پرایم بذور با کلرید کلسیم و آب اثر معنی‌داری در افزایش وزن هزار دانه داشتند و وزن هزار دانه را به‌ترتیب از ۳۶/۶ گرم (شاهد) به ۴۲/۷ و ۴۲/۲ گرم افزایش دادند (شکل ۲، پ). بهبود وزن هزار دانه گندم در اثر پرایم بذور با کلرید کلسیم توسط یاری و همکاران (۳۰) گزارش شده است. علی و همکاران (۳) نیز بیان کردند که در خاک‌های با کمبود روی، پرایم بذور با روی نیز اثرات مثبتی بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در گندم و ذرت داشت. در واقع در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده به‌دلیل استقرار سریع‌تر در مزرعه، سطح فتوسنتز کننده و مدت فتوسنتز افزایش یافته و میزان کربن دی اکسید تثبیت شده بیشتر شده و مواد فتوسنتزی تولیدی و ذخیره هیدروکربن‌های غیر ساختاری در بخش‌های مختلف گیاه تقویت شده و در نهایت بیوماس بیشتری تولید می‌شود و از آنجا که بین بیوماس و ذخایر موجود در گیاه با تخصیص و قدرت زایشی گیاه رابطه بسیار تنگاتنگی وجود دارد مواد فتوسنتزی بیشتری سمت هر دانه رفته و وزن هزار دانه و عملکرد افزایش می‌یابد (۱۳)، همچنین پرایمینگ احتمالاً به‌دلیل اینکه میزان انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه و برگ را افزایش می‌دهد باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود (۱۶).

عملکرد زیستی در مترمربع

پرایمینگ در هر دو سال زراعی اثر معنی‌داری بر عملکرد زیستی در مترمربع داشت (جدول ۲). عملکرد زیستی در سال زراعی ۱۳۹۸–۹۹ پایین‌تر از سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ بود که این امر احتمالاً به‌دلیل کاهش میزان بارندگی (شکل ۱) است (شکل ۲، ت). کاهش عملکرد زیستی در اثر تنش خشکی در آزمایش فاروق و همکاران (۱۲) نیز گزارش شده است. در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایم بذور با سولفات روی، ویتاسپرین، کلرید کلسیم، اوره، آب و کلرید پتاسیم عملکرد زیستی را از ۶۷۰ گرم در مترمربع (شاهد) به ۱۰۹۵، ۱۰۹۰، ۱۰۷۵، ۱۰۷۰، ۱۰۳۰ و ۹۱۰ گرم در مترمربع افزایش دادند. در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، پرایم بذور با آب و سولفات روی بیشترین اثر را در افزایش عملکرد زیستی داشتند و به‌ترتیب عملکرد زیستی را از ۵۷۰ گرم در مترمربع به ۷۴۰ و ۷۳۵ گرم در مترمربع افزایش دادند (شکل ۲، ت). بهبود عملکرد دانه و عملکرد زیستی در گندم در اثر پرایم بذور با آب و سولفات روی در مطالعه ریز و همکاران (۲۴) نیز گزارش شده است. در واقع تکمیل سریع‌تر سایه انداز در اثر جوانه‌زنی سریع و یکنواخت در بذور پرایم شده باعث می‌شود که به‌ویژه در اوایل فصل رشد که تبخیر بیشترین سهم را در خروج آب از مزرعه و هدر رفت آن دارد، کاهش یابد و در مقابل سهم تعرق افزایش می‌یابد و با توجه به اینکه تعرق ماهیت فیزیولوژیکی دارد و با میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک رابطه دارد، این امر منجر به تولید ماده خشک بیشتری می‌شود (۲۰).

عملکرد دانه در مترمربع

در هر دو سال زراعی پرایمینگ اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه در مترمربع گذاشت (جدول ۲). عملکرد دانه در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸ به‌دلیل کاهش میزان بارندگی‌ها (شکل ۱) کمتر از سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ بود (شکل ۲، ث). کاهش میزان عملکرد دانه در اثر افزایش شدت تنش خشکی در آزمایش فاروق و همکاران (۱۲) نیز دیده شد. در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایم بذور با کلرید کلسیم، اوره، ویتاسپرین و آب عملکرد دانه را به‌ترتیب به ۴۱/۱،



شکل ۲. اثر پرایمینگ بذر بر تعداد سنبله (الف)، تعداد دانه در سنبله (ب)، وزن هزار دانه (پ) عملکرد زیستی (ت)، عملکرد دانه (ث) و شاخص برداشت (ج) گندم دیم رقم آذر ۲. ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

۳۸/۹، ۲۷/۴ و ۲۶/۷ درصد افزایش دادند (شکل ۲، ث). همچنین در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، عملکرد دانه در تیمارهای پرایمینگ اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت اما تیمارهای پرایمینگ از نظر میزان عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری داشتند به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه مربوط به پرایم بذور با آب و کمترین مربوط به پرایم بذور با اوره بود (شکل ۲، ث). به‌طور کلی در هر دو سال زراعی پرایم بذور با کلرید کلسیم و آب باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (شکل ۲، ث). یون‌های کلسیم در گیاه به‌عنوان یک پیامبر ثانویه عمل کرده و در انتقال پیغام تنش نقش بسزایی دارد و در هنگام بروز تنش، افزایش کلسیم سیتوزولی شروع کننده مسیرهای علامت دهی است که به پاسخ‌های مناسب سلولی در مقابل شرایط نامساعد ایجاد شده محیطی منجر می‌شود. همچنین در هنگام تنش پروتئین‌های حس کننده کلسیم افزایش می‌یابند پس به عبارتی می‌توان گفت که کلسیم برون سلولی می‌تواند پاسخ به تنش را از طریق تغییر در میزان و نوع پروتئین‌های سلول میانجی‌گری کند (۲). در مطالعه هریس و همکاران (۱۶) نتایج نشان داد که پرایم بذور گندم با آب عملکرد دانه و عملکرد زیستی را افزایش داده است ولی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشته است.

شاخص برداشت

در سال‌های زراعی مورد آزمایش پرایمینگ بذور اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت گذاشت (جدول ۲). در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایمینگ باعث کاهش شاخص برداشت در گندم شد و پرایم بذور با سولفات روی، کلرید پتاسیم، ویتاسپرین و آب اثر معنی‌داری بر کاهش شاخص برداشت داشتند (شکل ۲، ج) که احتمالاً دلیل این امر افزایش معنی‌دار عملکرد زیستی در اثر پرایم بذور با این ترکیبات بوده است و به دنبال افزایش عملکرد زیستی، مصرف آب خاک افزایش یافته و در مرحله پر شدن دانه تنش شدید شده و پر شدن دانه تحت تأثیر قرار گرفته است. در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، پرایم بذور با سیتوکینین اثر مثبت و معنی‌داری بر افزایش شاخص برداشت داشته است و میزان آن را از ۳۲/۶ درصد (شاهد) به ۴۰/۱ درصد افزایش داده است (شکل ۲، ج). در واقع تیمارهای پرایمینگ باعث بهبود ویگور گیاهچه می‌شوند. در چنین شرایطی در سال ۹۸–۱۳۹۷ به‌دلیل بارندگی بیشتر، رشد رویشی تیمارهای پرایمینگ افزایش شدیدی نشان داد اما در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، بارندگی کمتر باعث کاهش رشد به‌ویژه در تیمارهای پرایمینگ شد. در سال زراعی ۱۳۹۷–۹۸ میزان افزایش عملکرد زیستی در تیمارهای پرایمینگ در مقایسه با شاهد ۵۲ درصد و در سال ۹۹–۱۳۹۸ در حدود ۵ درصد بود، با این وجود دمای بالاتر در سال ۹۸–۱۳۹۷ در ماه‌های خرداد و تیر در طی دوره پر شدن دانه و نیز بارندگی کمتر در اردیبهشت ماه این سال باعث کاهش دوره پرشدن دانه شد و در نتیجه عملکرد دانه در این سال در تیمارهای پرایمینگ در مقایسه با شاهد تنها ۱۹ درصد افزایش یافت. افزایش عملکرد دانه در تیمارهای پرایمینگ در مقایسه با شاهد در سال زراعی ۱۳۹۸–۹۹ حدود ۷ درصد بود و تغییرات فوق باعث شد که شاخص برداشت در تیمارهای پرایمینگ در سال ۹۸–۱۳۹۷ در مقایسه با شاهد کاهش یابد.

خصوصیات کیفی دانه

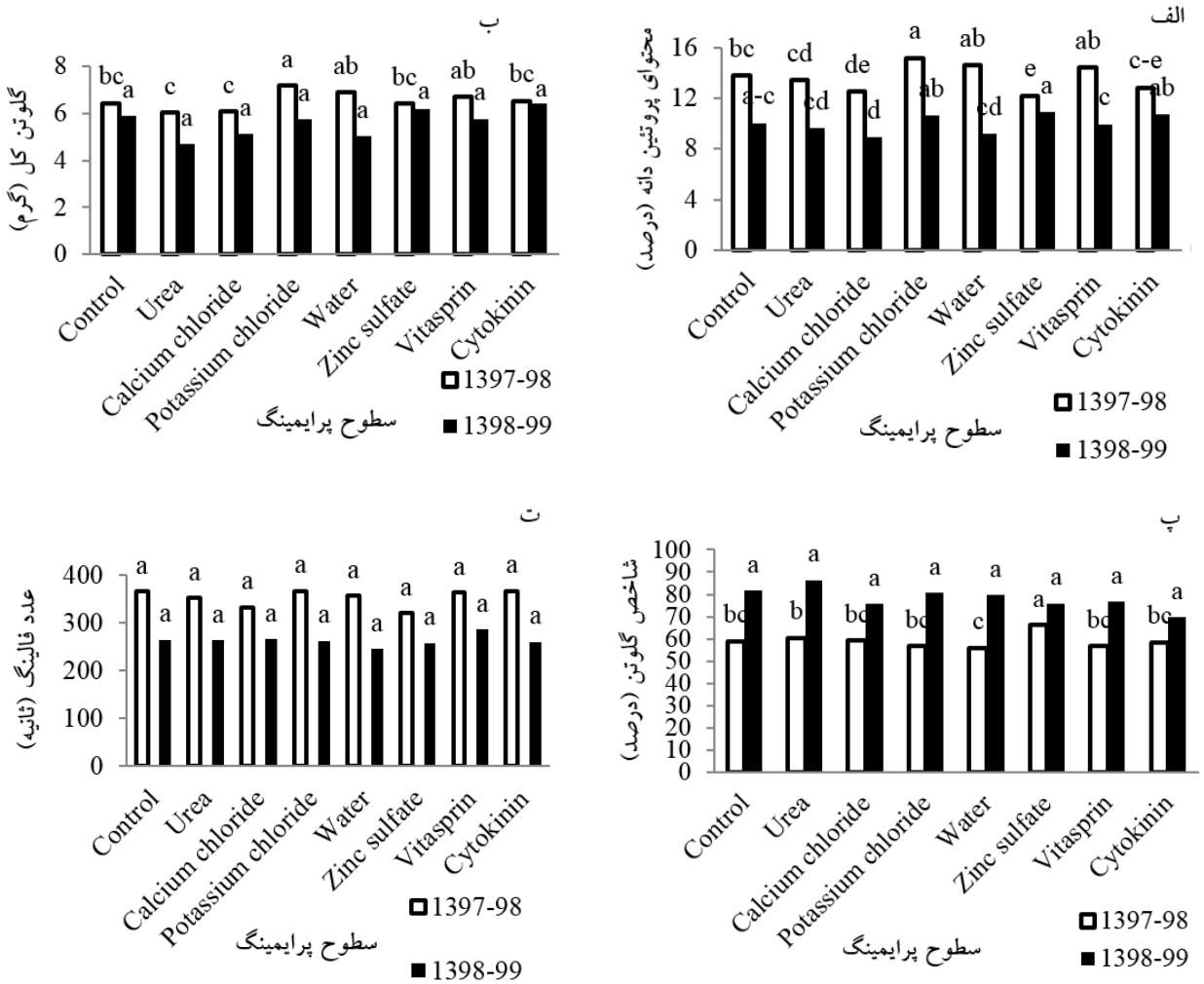
درصد پروتئین دانه گندم

در هر دو سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ و ۹۹–۱۳۹۸، پرایمینگ بذور اثر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر درصد پروتئین دانه گندم داشت (جدول ۳). در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایم بذور با کلرید پتاسیم بیشترین اثر را در افزایش درصد پروتئین دانه داشت و میزان پروتئین دانه گندم را ۱۰/۴ درصد افزایش داد (شکل ۳، الف)، این درحالی بود که در سال زراعی مذکور پرایم بذور با کلرید پتاسیم جز تیمارهایی بود که کمترین عملکرد دانه را داشت (شکل ۲، ث) و این امر بیانگر همبستگی منفی بین عملکرد دانه و محتوی پروتئین دانه است (۲۲)، همچنین پرایم بذور با کلرید کلسیم و سولفات روی باعث کاهش معنی‌دار میزان پروتئین دانه در این سال زراعی شدند (شکل ۳، الف). در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸ نیز پرایم بذور با کلرید کلسیم باعث

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بذر بر خصوصیات کیفی دانه گندم دیم رقم آذر ۲

	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
			پروتئین	گلوتن	شاخص گلوتن	عدد فالینگ
سال اول	بلوک	۲	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۹۳^{ns}	۱۰۴۲^{ns}
	پرایم	۷	۳/۳۸**	۰/۴۶**	۳۱/۳**	۹۳۱^{ns}
	خطا	۱۴	۰/۳۰	۰/۰۸	۵/۴۳	۱۰۷۵
	ضریب تغییرات	–	۴	۴/۵	۳/۹	۹/۳
سال دوم	بلوک	۲	۱/۷۴**	۲/۹۷**	۱۱۸^{ns}	۴۷۸^{ns}
	پرایم	۷	۱/۵۴**	۱/۰۸^{ns}	۷۴/۷^{ns}	۳۶۶^{ns}
	خطا	۱۴	۰/۲۵	۰/۴۳	۹۱/۲	۱۲۳۴
	ضریب تغییرات (درصد)	–	۵	۱۱/۷	۱۲/۱	۱۳/۳

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۳. اثر پرایمینگ بذر بر محتوای پروتئین دانه (الف)، گلوتن کل (ب)، شاخص گلوتن (پ) و عدد فالینگ (ت) گندم دیم رقم آذر ۲.

ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

کاهش معنی‌دار میزان پروتئین دانه شد و محتوی پروتئین دانه را از ۱۰ درصد به ۸/۹ درصد کاهش داد، به‌طور کلی در سال ۱۳۹۷–۹۸ میزان پروتئین دانه بیشتر از سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸ بود (شکل ۳، الف). به‌طور معمول انتظار می‌رود که با افزایش عملکرد دانه در شرایط دیم در سال‌های پرباران پروتئین دانه کاهش یابد (۴)، اما نتایج این تحقیق نشان داد که در سال ۹۸–۱۳۹۷، که میزان بارندگی بیشتربوده، پروتئین دانه افزایش یافته است که دو دلیل برای این موضوع می‌توان ذکر کرد، اولاً در سال پرباران به‌واسطه افزایش انحلال و قابلیت جذب ترکیبات نیتروژنه، جذب توسط ریشه افزایش یافته و دوماً به واسطه رشد رویشی بیشتر در این سال به‌ویژه به‌دلیل دمای بالاتر هوا در بهار در مقایسه با سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، قابلیت ذخیره ترکیبات ازته در اندام‌های رویشی افزایش یافته و احتمالاً انتقال مجدد ازت به دانه افزایش یافته که باعث بهبود درصد پروتئین دانه شده است. میزان و ترکیب پروتئین‌های موجود در آرد گندم به‌دلیل نقشی که آنها در خواص ویسکو الاستیک دارند، از اهمیت بالایی برخوردارند و کیفیت نانوایی آرد گندم را تعیین می‌کنند (۹).

گلوتن کل دانه

در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، تیمار پرایمینگ اثر معنی‌داری بر میزان گلوتن کل دانه داشت (در سطح احتمال ۱ درصد)، این در حالی بود که در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، میزان گلوتن دانه تحت تأثیر تیمار پرایمینگ قرار نگرفت (جدول ۳). در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایم بذور با کلرید پتاسیم بیشترین اثر معنی‌دار را در افزایش میزان گلوتن دانه داشت و میزان گلوتن دانه را ۱۱/۸ درصد افزایش داد، سایر ترکیبات تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل ۳، ب)، در همین سال زراعی پرایم بذور با کلرید پتاسیم بیشترین اثر را نیز بر افزایش درصد پروتئین دانه داشت (شکل ۳، الف) و چون گلوتن حدود ۸۰ درصد پروتئین گندم را در برمی‌گیرد، بنابراین این تیمار بیشترین اثر را نیز در افزایش میزان گلوتن نیز داشته است و بالا بودن میزان گلوتن نشان‌دهنده‌ی کیفیت بالای آرد و نان حاصل از آن است (۱۴). با توجه به آنچه مشاهده شد می‌توان گفت که پرایمینگ با کلرید پتاسیم حتی اگر باعث افزایش عملکرد دانه نشود با توجه به تأثیر مثبت آن در افزایش میزان گلوتن دانه، می‌تواند تیمار مناسبی باشد.

شاخص گلوتن

در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایمینگ بذور اثر معنی‌داری بر شاخص گلوتن گذاشت (در سطح احتمال ۱ درصد)، این درحالی بود که در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، شاخص گلوتن تحت تأثیر پرایمینگ بذور قرار نگرفت (جدول ۳)، در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، پرایم بذور با سولفات روی بیشترین اثر معنی‌دار را بر افزایش شاخص گلوتن داشت و میزان آن را ۱۲/۱ درصد بهبود بخشید (شکل ۳، پ)، این درحالی بود که در سال زراعی مذکور پرایم بذور با سولفات روی کمترین عملکرد دانه را داشت (شکل ۲، ث). عدد فالینگ، میزان پروتئین و شاخص گلوتن سه عامل مهم در تعیین کیفیت محصول حاصل از آرد هستند (۲۸) و هر چه میزان گلوتن کل و شاخص گلوتن بالاتر باشد کیفیت نان تولیدی بالاتر است (۲۳).

عدد فالینگ

در هر دو سال زراعی مورد آزمایش، پرایمینگ بذور اثر معنی‌داری بر عدد فالینگ نداشت (جدول ۳). عدد فالینگ شاخصی از وضعیت آنزیمی دانه است و میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در تجزیه نشاسته و تبدیل آن به قندهای ساده مانند گلوکز را نشان می‌دهد (۱۰). عدد فالینگ بالاتر از ۳۰۰ ثانیه نشان‌دهنده‌ی فعالیت پایین آنزیم آلفا آمیلاز و عدد فالینگ کمتر از ۲۰۰ ثانیه نشان‌دهنده‌ی فعالیت بالای آنزیم و کاهش کیفیت آرد است (۷).

نتیجه‌گیری کلی

در هر دو سال زراعی، پرایمینگ بذور با کلرید کلسیم و آب اثرات مثبتی بر بهبود عملکرد دانه داشتند. در سال زراعی ۹۸–

۱۳۹۷ پرایم بذور با کلرید کلسیم از طریق افـزایش تعـداد سـنبله (۴۱ درصد)، عملکرد زیسـتی (۶۰/۴ درصـد) و وزن هـزار دانـه (۱۲/۹ درصد)، عملکرد دانـه را ۴۱/۱ درصـد و در سـال زراعـی ۹۹–۱۳۹۸، از طریق افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانـه را ۹/۹۸ درصد افـزایش داد. همچنـین در سـال زراعـی ۹۸–۱۳۹۷، پـرایم بذور با آب بـا افـزایش تعـداد سـنبله (۳۷/۲ درصـد) و عملکـرد زیستی (۵۳/۷ درصد)، عملکرد دانه را ۲۶/۷۵ درصـد و در سـال زراعی ۹۹–۱۳۹۸، با افـزایش عملکـرد زیسـتی (۲۹/۸ درصـد) و وزن هزار دانه (۱۵/۲ درصد)، عملکرد دانه را ۲۱/۲ درصد بهبـود بخشید و با توجه به اثـرات مثبـت هیـدروپرایم در ایـن پـژوهش می‌توان آن را به‌عنوان روشی مقرون به صرفه برای بهبود عملکـرد گندم در شرایط دیم پیشنهاد کرد.

منابع مورد استفاده

1. Abdolahi, M. and F. Shekari. 2013. Effects of seed priming by salicylic acid on wheat cv. Alvand bread quality under late sowing condition. *Iranian Journal of Crops Improvement* 15(2): 87-98. (In Farsi).
2. Afzal, I., S. Maqsood, A. Basra, N. Ahmad and M. Farooq. 2005. Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Cadernos de Pesquisa* 17: 95-109.
3. Ali, S., A. R. Khan, G. Mairaj, M. Arif, M. Fida and S. Bibi. 2008. Assessment of different crop nutrient management practices for yield improvement. *Journal of Crop Science* 2: 1835-2707.
4. Amiri, R., S. Bahraminejad, S. Sasani, S. Jalali-Honarmand and R. Fakhri. 2015. Bread wheat genetic variation for grain's protein, iron and zinc concentrations as uptake by their genetic ability. *European Journal of Agronomy* 67: 20-26.
5. Amiri, R., S. Sasani, S. Jalali-Honarmand, A. Rasaei, B. Seifolahpour and S. Bahraminejad. 2018. Genetic diversity of bread wheat genotypes in iran for some nutritional value and baking quality traits. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 24(1): 147-157.
6. Anonymous. 2020. Agricultural Statistics. Crops of the crop year 2018-2019. Ministry of Agriculture, Deputy of Planning and Economy. Information and Communication Technology Center. (In Farsi).
7. Deng, Z., F. Chen, S. Hu, Q. Han, J. Chen, C. Sun and J. Tian. 2014. Inheritance and QTL analysis of four falling number using recombinant inbred lines derived from strong gluten wheat 'Gaocheng 8901' and waxy wheat 'Nuomai 1'. *Australian Journal of Crop Science* 8(4): 468-474.
8. Donaldson, E., W. F. Schillinger and S. M. Dofing. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. *Crop Science* 41(1): 100-106.
9. Dupont, F. M. and S. B. Altenbach. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science* 38: 133-146.
10. Erekul, O., T. Kautz, F. Ellmer and I. Turgut. 2009. Yield and bread-making quality of different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown in Western Turkey. *Archives of Agronomy and Soil Science* 55(2): 169-182.
11. Eskandari, I. and M. Roustaei. 2007. Determination of appropriate seeding depth for bread wheat genotypes in cold drylands area of maragheh. *Iranian journal of seed and plant* 23(3): 357-371. (In Farsi).
12. Farooq, S., M. Shahid, M. B. Khan, M. Hussain and M. Farooq. 2015. Improving the productivity of bread wheat by good management practices under terminal drought. *Journal of Agronomy and Crop Science* 201(3): 173-188.
13. Giri, G. S. and W. F. Schillinger. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence, and yield. *Crop Science* 43: 2135-2141.
14. Hamada, A. S., C. E. McDonald and L. D. Sibbitt. 1982. Relationship of protein fractions of spring wheat flour to baking quality. *Cereal Chemistry* 59: 296-301.
15. Harris, D. 2006. Dvelopment and testing oF on-farm seed priming. *Natural Resource Charter Case Studies* 3: 129-177.
16. Harris, D., A. Rashid, G. Miraj, M. Arif and H. Shah. 2007. "On-farm" seed priming with zinc sulphate solution-A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crops Research* 102: 119-127.
17. Jasemi, Sh., F. Naghipour, S. Sanjani, A. Esfandyaripour, H. Khorsandi and G. Najafian. 2017. Evaluation of quality properties of four bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in wheat producing provinces of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 19(2): 102-115.
18. Keshavarz, A., E. M. Esfandiyaripour, M. Tavazo, M. Ahmadifar and M. Khanchi. 2016. Wheat seed multiplication and supplying program. Agricultural Extension and Education Publications (In Farsi).
19. Moradi, L., A. Siosemardeh, Y. Sohrabi and B. Bahramnejad. 2021. Evaluation of some physiological responses related to nitrogen and remobilization of nitrogen in wheat affected by supplemental irrigation and nitrogen

fertilization. *Iranian Journal of Crop Production and Processing* 11(3): 51-67. (In Farsi).
20. Passioura, J. B. and J. F. Angus. 2010. Improving productivity of crops in water-limited environments. *Advances in Agronomy* 106: 37-75.
21. Pavia, I., J. Roque, L. Rocha, H. Ferreira, C. Castro, A. Carvalho, E. Silva, C. Brito, A. Gonçalves, J. Lima-Brito and C. Correia. 2019. Zinc priming and foliar application enhances photoprotection mechanisms in drought-stressed wheat plants during anthesis. *Plant Physiology and Biochemistry* 140: 27-42.
22. Pena, R. J., R. Trethowan, W. H. Pfeiffer and M. V. Ginkel. 2002. Quality (end-use) improvement in wheat: compositional, genetic, and environmental factors. *Journal of crop production* 5(1): 1-37.
23. Rasaei, A. 2016. Effects of application of plant growth regulators at different stages of physiological development on wheat grain yield potential under rainfed conditions. PhD thesis. Razi University. Kermanshah, Iran.
24. Reis, S., I. Pavia, A. Carvalho, J. Moutinho-Pereira, C. Correia and J. Lima-Brito. 2018. Seed priming with iron and zinc in bread wheat: effects in germination, mitosis and grain yield. *Protoplasma* 255: 1179-1194.
25. Salemi, F., M. Nasr Esfahani and L. S. P. Tran. 2019. Mechanistic insights into enhanced tolerance of early growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under low water potential by seed-priming with ascorbic acid or polyethylene glycol solution. *Journal of Crop Production* 137: 436-445.
26. Sattar, A., M. A. Cheema, M. Farooq, M. A. Wahid, A. Wahid and B. H. Babar. 2010. Evaluating the performance of wheat cultivars under late sown conditions. *International Journal of Agriculture and Biology* 12: 561-565.
27. Shiferaw, B., M. Smale, H. J. Braun, E. Duveiller, M. Reynolds and G. Muricho. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security* 5: 291-317.
28. Souza, E. J., M. J. Guttieri and R. A. Graybosch. 2002. Breeding wheat for improved milling and baking quality. *Journal of Crop Production* 5: 39-74.
29. Yan, M. 2015. Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. *South African Journal of Botany* 99: 88-92.
30. Yari, L., F. Khazaei, H. Sadeghi and S. Sheidaei. 2011. Effect of seed priming on grain yield and yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6: 1-5.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 11, No. 4, Winter 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Seed Priming on Yield, Yield Components and Grain Quality Characteristics of Rainfed Wheat in Kurdistan Province

F. Sharifi Kalyani[1], A. Si o se Mardeh[2*], F. Hossein Panahi[3] and S. Jalali-Honarmand[4]

(Received: March 15-2021; Accepted: August 21-2021)

Abstract

In order to investigate the effect of seed priming on yield, yield components and some quality characteristics of rainfed wheat Azar2 cultivar, an experiment was conducted as a randomized complete blocks design with three replications in the Research Field of Kurdistan University, Sannandaj, Iran during two seasons (2018-2020). Priming treatments included control (nonprime), potassium chloride (1%), urea (2%), zinc sulfate (0.6%), calcium chloride (1.4%), vitasprin (1 g. l^{-1}), cytokinin (50 ppm) and water (hydroprime). The results showed that in both years, priming of seeds with calcium chloride and water had positive effects on grain yield. In 2018-2019, calcium chloride priming increased the grain yield by 41% due mainly to increasing the number of spikes, biological yield and thousand kernel weight. In 2019-2020 grain yield increased by 10% due mainly to increasing thousand kernel weight. Also, in 2018-2019, seed priming with water increased grain yield by 27% due mainly to increasing the number of spikes and biological yield, and in 2019-2020 the 21% increase in grain yield was achieved by increasing biological yield and thousand kernel weight. Given the positive effects of hydropriming in both years and the high cost of using chemical compounds and nutrients for seed priming, hydropriming is proposed as a cost-effective method to increase grain yield of wheat in rainfed conditions.

Keywords: Calcium chloride, Pretreatment, Thousand kernel weight, Water

1, 2 and 3. PhD Student, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Kurdistan University, Kurdistan, Iran
4. Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
*: Corresponding Author, Email: a33@uok.ac.ir