تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۷ شماره ۳، پاییز ۹۳

تأثیر سطوح مختلف پتاسیم بر انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

آزاده علیزاده[۱]، مجید نبی پور[۲]* و افراسیاب راهنما قهفرخی[۳]

۱و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

۲*- **نویسنده مسوول:** استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

(nabipourm@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱

چکیده

انتقال مجدد مواد پرورده به دانه‌ها، یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مهم در تشکیل عملکرد دانهٔ غلات است. به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف پتاسیم (۲۰۰، ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک) بر انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول، دو رقم گندم نان با طول دورهٔ رسیدگی متفاوت (ویریناک و چمران به ترتیب به عنوان ارقام زودرس و متوسط رس) در یک آزمایش گلدانی در شرایط مزرعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقادیر کربوهیدرات محلول در ساقهٔ هر دو رقم در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از زمان گلدهی تا رسیدگی افزایش بیشتری داشت و بنابراین ذخیرهٔ کربوهیدرات محلول ساقه در این سطح نسبت به دو سطح کودی دیگر بیشتر بود. علی‌رغم مقادیر پایین پتاسیم در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، قندهای محلول برگ در هر دو رقم بالا بود ولی در مقابل قندهای محلول ریشه کاهش بیشتری نشان داد. پتاسیم سبب افزایش میزان نشاستهٔ دانه در طی دورهٔ پر شدن دانه گردید. به طورکلی پتاسیم سبب افزایش کربوهیدرات اندام‌های مختلف گندم گردید. همچنین انتقال مجدد در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم در هر دو رقم به دلیل داشتن دوام سطح برگ کمتر نسبت به دو سطح دیگر بیشتر بود و رقم ویریناک نیز نسبت به چمران انتقال مجدد مواد فتوسنتزی بیشتری نشان داد.

کلید واژه ها: پتاسیم، کربوهیدرات محلول، انتقال مجدد، گندم

مقدمه

قندهای محلول نقش مهمی در تنظیم اسمزی سلول به عهده دارند (بولارین و همکاران[۱]، ۱۹۹۵) . پتاسیم و قندها برای افزایش پتانسیل اسمزی مورد نیاز هستند. افزایش پتانسیل اسمزی باعث باز شدن سلول‌های محافظ روزنه و کاهش میزان پتاسیم باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌گردد. بنابراین فتوسنتز در سطوح پایین پتاسیم به علت کاهش انتقال مواد فتوسنتزی از بافت مبدأ (برگ) از طریق آوند آبکشی کاهش می‌یابد وکاهش انتقال مواد فتوسنتزی موجب افزایش تراکم قندها در برگ گیاهان تحت شرایط کمبود پتاسیم می‌گردد (بخش و همکاران[۲]، ۲۰۱۲). طی آزمایش‌های شوارترزکف[۳] (۱۹۷۲)، پتاسیم در نقل و انتقال قندها، مواد فتوسنتزی، آب و مواد غذایی، افزایش محتوای پروتئین در گیاه، بیوسنتز سلولز، افزایش رشد ریشه و مقاومت به خشکی، سنتز نشاسته، حفظ فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش

1 -Bolarin *et al.*

2- Bukhsh *et al.*

3- Schwartzkopf

پژمردگی، مقاومت به بیماری‌ها و افزایش عمر انباری محصول دخالت دارد. جبار و همکاران[1] (۲۰۰۹)، به این نتیجه رسیدند که پتاسیم در جابجایی مواد فتوسنتزی و کربوهیدرات به درون بافت گیاهی دخیل است، از اینرو کاربرد پتاسیم سبب افزایش محصول می‌گردد. مارشنر[2] (۱۹۹۵) بیان کرد که تحت شرایط کمبود پتاسیم، کربوهیدرات‌ها و ترکیبات نیتروژنی محلول همچون آمیدها، آمینواسیدها، نیترات، پوترسین، آگماتین تجمع می‌یابند، این ترکیبات به طور متناوب به متابولیسم کربوهیدرات، که با وجود پتاسیم برای تنظیم آنزیم‌هایی نظیر پیروات کیناز و فسفوفروکتوکیناز که متابولیت جریان گلیکولیز را تنظیم می‌کنند وابسته‌اند. انتقال مجدد فرایندی انرژی‌خواه است که، جهت جلوگیری از کاهش بیشتر عملکرد به وسیلهٔ گیاه مورد استفاده قرار می گیرد. حتی در شرایط مطلوب رطوبتی فتوسنتز جاری به تنهایی توان پرکردن دانه‌ها را ندارد، بنابراین در این شرایط پر شدن دانه‌ها، به میزان کمتری به انتقال مجدد وابسته است. تنفس کانوپی و تجمع ماده خشک دانه تقریباً از نظر مصرف مواد فتوسنتزی برابر هستند. بنابراین مصرف مواد فتوسنتزی از طریق تنفس باعث می‌شود فتوسنتز جاری کانوپی در پر کردن دانه‌ها کافی نباشد و در شرایط مطلوب نیز انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در پر شدن دانه نقش مهمی ایفا می‌کند (بلوم[3]، ۱۹۹۶؛ راوسون وایوانز[4]، ۱۹۷۱). پتاسیم در انتقال مواد فتوسنتزی (قند) به مقصد به علت گردش زیاد پتاسیم از بخش هوایی به ریشه‌ها و بازچرخ آن از ریشه، از طریق آوند چوبی اهمیت بالایی دارد. مواد معدنی همچون پتاسیم نیروی گردش اسمزی مهمی برای انتقال و باز چرخش مواد فتوسنتزی به وسیلهٔ آوند چوبی از ریشه به ساقه را فراهم می‌کنند (مارشنر و همکاران، ۱۹۹۶). با این اوصاف این تحقیق به منظور بررسی اثر تغییرات پتاسیم بر جهت جابجایی و مقدار کربوهیدرات محلول ریشه، اندام هوایی و دانهٔ گندم و در نهایت درصد انتقال مجدد مواد به دانهٔ دو رقم گندم انجام گردید.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به صورت یک آزمایش گلدانی در شرایط مزرعه دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در درجه حرارت ۲ ±۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۲± ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد در شب و تشعشع فعال فتوسنتزی حدود ۹۰۰-۷۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه اجرا گردید. خاک گلدان‌ها شامل ماسه و خاک مزرعه (با نسبت ۱:۲) بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. حد بحرانی پتاسیم قابل استفاده در خاک مزارع گندم و جو آبی ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)، بر این اساس فاکتورها شامل دو رقم گندم ویریناک (زودرس) و چمران (متوسط رس) و مقادیر کود سولفات پتاسیم در سه سطح (۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم پتاس در کیلوگرم خاک) در نظر گرفته شد. در ابتدا مقدار پتاسیم خاک قبل از مصرف کود اندازه‌گیری شده (جدول۱) و بر اساس تیمار کودی، خاک مورد استفاده به سه دسته تقسیم شد و هر دسته به یک تیمار کودی اختصاص داده شد و مقدار پتاسیم آن با تیمار مورد نظر (۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم پتاس در کیلوگرم خاک) تنظیم گردید. کود سولفات پتاسیم به صورت پیش کاشت و کود اوره در سه مرحلهٔ پایه، پنجه‌زنی و سنبله دهی به گلدان‌ها اضافه گردید. با توجه به بالا بودن میزان فسفر قابل جذب خاک از کود فسفاته استفاده نگردید. با احتساب تراکم ۴۰۰ بوته در هکتار، در گلدان‌هایی به مساحت ۵۷۲/۳ سانتی‌مترمربع با قطر ۲۷ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر، تعداد ۲۲ عدد بذر در ۱۰ آذر ۱۳۸۹ کشت شد. اندازه‌گیری میزان کل قندهای

1- Jabbar *et al.*
2- Marschner
3- Blum
4- Rawson & Evans

محلول و نشاسته با استفاده از روش اشلیگل[1] (۱۹۸۶) انجام گرفت، بدین منظور ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی برداشت گردید و مخلوطی از اندام‌های مختلف آن‌ها (ساقه، برگ و ریشه)، در سه مرحله: گلدهی، ۱۰ روز پس از گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک برای اندازه-گیری میزان کل قندهای محلول مورد استفاده قرار گرفت. میزان قند و نشاسته دانهٔ نمونه‌های مذکور نیز در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. با توجه به وجود بافت شنی خاک، ریشه‌ها به راحتی از خاک جدا گردید. وزن ساقه از دو هفته پس از گلدهی تا مرحله رسیدگی و همچنین انتقال مجدد به دانه، کارایی ساقه در انتقال ذخایر به دانه و سهم نسبی ذخایر ساقه در عملکرد نیز بر اساس روابط زیر محاسبه گردید (میتسورو و همکاران[2]، ۱۹۹۱؛ نیو و همکاران[3]، ۱۹۹۸؛ پاپاکوستا و گاگیاناز[4]، ۱۹۹۱).

رابطه(۱)

$$\text{سهم نسبی ذخایر ساقه در عملکرد} = \frac{\text{انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه}}{\text{عملکرد دانه}}$$

رابطه(۲)

وزن خشک ساقه در رسیدگی- وزن خشک ساقه در گلدهی= انتقال مجدد

رابطه(۳)

$$\text{کارایی ساقه در انتقال ذخایر به دانه} = \frac{\text{انتقال مجددمواد ذخیره‌ای ازساقه به‌دانه}}{\text{وزن خشک ساقه در گلدهی}}$$

نتایج و بحث

قندهای محلول ساقه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که قندهای محلول ساقه در مرحلهٔ گلدهی (جدول ۲) و ۱۰ روز پس از گلدهی (جدول۳)، تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم قرار گرفت و بین سطوح پتاسیم، ارقام گندم و اثرات متقابل بین سطوح پتاسیم و ارقام در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت، ولی در مرحلهٔ رسیدگی، تنها تفاوت معنی‌دار، در سطوح پتاسیم و اثرات متقابل مشاهده گردید (جدول ۴).

در مرحلهٔ گلدهی رقم چمران، در سطح ۳۰۰ میلی-گرم در کیلوگرم پتاس با ۸۹/۶۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک و سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاس با ۷۳/۵۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان قندهای محلول را داشتند، ودر ۱۰ روز پس از گلدهی و رسیدگی نیز بیشترین و کمترین قند محلول مربوط به سطوح ۳۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاس بوده است (شکل ۱). در مرحلهٔ گلدهی رقم ویریناک در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاس با ۱۱۸/۷۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک دارای بیشترین میزان قند محلول ساقه بود و سطح ۴۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاس به ترتیب با ۸۲/۶۹ و ۷۹/۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک در رده‌های بعدی قرار گرفتند. بیشترین میزان قند محلول در مرحلهٔ رسیدگی به سطح ۳۰۰ و کمترین آن به سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاس، به ترتیب با مقادیر ۱۲۰/۱۶ و ۷۲/۸۳ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک اختصاص یافت (شکل ۲).

با توجه به اینکه پر شدن سلول‌های آندوسپرمی از دو هفته پس از گرده‌افشانی شروع می‌شود و تا این زمان هنوز مقصدهای قوی برای جذب مواد فتوسنتزی فعال نشده‌اند، لذا مازاد مواد فتوسنتزی جاری برگ‌ها در ساقه تجمع یافته است (اشلیگل، ۱۹۸۶). روند کاهش بعدی در وزن ساقه نشان داد که این مواد ذخیره‌ای در مراحل بعدی مورد استفاده گیاه قرار گرفته‌اند و به همین دلیل روند وزن دانه افزایشی گردیده است. این نتایج با یافته‌های بسیاری از محققان منطبق است که استفاده از ذخایر ساقه را برای رشد دانه گزارش داده‌اند (ایوانز و واردلاو[5]، ۱۹۹۶).

1- Shlegl
2- Mitsuru *et al.*
3- Niu *et al.*
4- Papakosta & Gagianas
5- Evans & Wardlaw

جدول ۱ـ نتایج آزمون خاک قبل از کاشت

موادآلی (درصد)	پتاسیم (میلی‌گرم درکیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم درکیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	اسیدیته	هدایت‌الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	بافت –
۰/۵۶	۱۳۵	۱۴	۰/۰۳۸	۷/۵	۲/۲۷	شنی

جدول ۲ـ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطوح مختلف پتاسیم و رقم بر میزان قندهای محلول در مرحلهٔ گلدهی دو رقم گندم

منابع تغییرات	درجه-آزادی	قند محلول ساقه	قند محلول برگ	قند محلول ریشه
تکرار	۲	۳۸/۴۴^{ns}	۷/۷۹^{ns}	۳/۰۷^{ns}
رقم	۱	۵۹۸/۸**	۲۵۳/۳**	۲۷۷۶۵/۹**
سطوح پتاسیم	۲	۲۲۱۷**	۱۶۳۲/۹**	۹۶۲/۸**
رقم× سطوح پتاسیم	۲	۳۵۷۵/۷۲**	۲۰۵/۹**	۹۹۶/۷**
خطای آزمایشی	۱۰	۱۷/۶۱۸	۱۰/۷۸	۹/۷۶
ضریب تغییرات(٪)	–	۴/۱۳	۲/۲۸	۲/۶۰

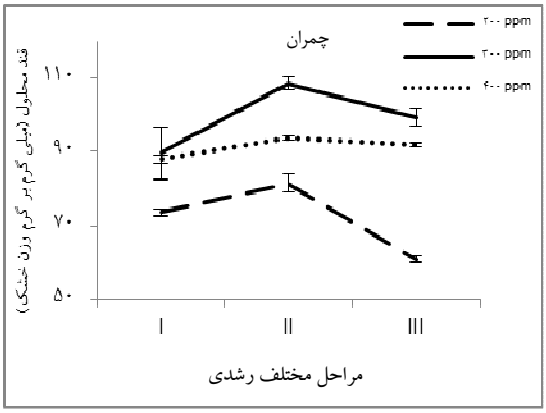
*،**: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ ٪، ns غیر معنی‌دار

جدول ۳ـ تجزیه واریانس سطوح مختلف پتاسیم بر میزان قندهای محلول ساقه، برگ و ریشه دو رقم گندم ۱۰ روز پس از گلدهی

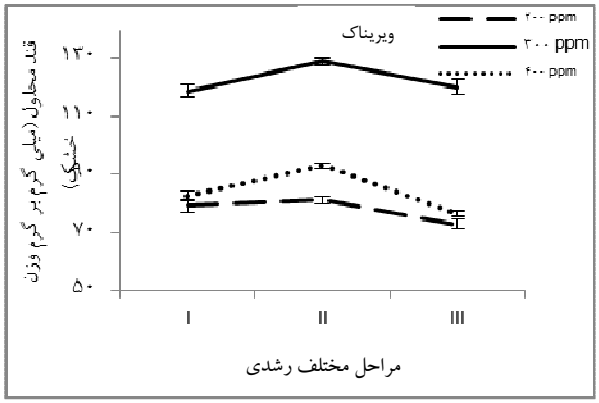
منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات		
		قند محلول ساقه	قند محلول برگ	قند محلول ریشه
تکرار	۲	۲/۹۱^{ns}	۶۶/۲۲^{ns}	۰/۶۰^{ns}
رقم	۱	۱۷۱۷/۹**	۱۰۹۹/۵**	۱۶۲۷/۸**
سطوح پتاسیم	۲	۶۵۸۳/۱**	۳۸/۵۳^{ns}	۲۹/۵۰^{ns}
رقم× سطوح پتاسیم	۲	۵۰۲۵/۷**	۴/۴۲^{ns}	۲۶۵۲/۲**
خطای آزمایشی	۱۰	۳/۵۹	۴۵/۱۲	۹/۰۷
ضریب تغییرات(٪)	–	۱/۶۸	۶/۰۷	۴/۸۷

جدول ٤ـ تجزیه واریانس سطوح مختلف پتاسیم بر میزان قندهای محلول و نشاسته بخش های مختلف و وزن ساقه دو رقم گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		قند محلول ساقه	قند محلول برگ	قند محلول ریشه	قند محلول دانه	نشاسته دانه	وزن ساقه
تکرار	۲	۰/۷۴۱^{ns}	۰/۵۶۸^{ns}	۲۲/۱۴۰^{ns}	۴۱/۴۳۹^{ns}	۴/۱۳۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
رقم	۱	۱۸/۲۹۳^{ns}	۲۵۰۴/۶**	۱۹۳۲/۶**	۲۶۲۴/۲**	۲۱۵۹۲۹/۴**	۰/۰۲۳**
سطوح پتاسیم	۲	۱۶۵۱/۶**	۴۷۰/۹**	۳/۴۳۶^{ns}	۴۵۲۸/۶**	۸۸۴۵۷/۲**	۰/۰۰۸*
رقم× سطوح پتاسیم	۲	۵۹۵/۵**	۳۶۹/۷**	۱۲/۲۳۰^{ns}	۱۰۹۲/۶**	۱۰۲۴۷/۴**	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطای آزمایشی	۱۰	۷/۷۷۵	۲۶/۶۳۱	۱۰/۸۵۳	۷۱/۹۵۲	۲۳/۳۶۳	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات(٪)	–	۳/۰۷	۱/۶۰	۴/۴۹	۱/۹۰	۱/۰۷	۱۰/۲



شکل ۱ـ روند تغییرات قندهای محلول ساقهٔ رقم چمران در مراحل مختلف رشدی (I= گلدهی، II=۱۰ روز پس از گلدهی و III=رسیدگی) تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).



شکل۲ـ روند تغییرات قندهای محلول ساقهٔ رقم ویریناک در مراحل مختلف رشدی (I= گلدهی، II= ۱۰ روز پس از گلدهی و III=رسیدگی) تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).

منگل و کیرکبای[1] (۲۰۰۱) بیان کردند که پتاسیم مانع شکل‌گیری نشاسته شده و ممکن است میزان قند دانه را افزایش دهد. به طورکلی میزان قند محلول ساقه در رقم ویریناک که رقمی زودرس و پاکوتاه است، بیشتر از رقم چمران بوده است. ربتسکه و همکاران[2] (۲۰۰۸) در گندم مشاهده کردند که بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول ساقه در ارقامی با خصوصیاتی چون پاکوتاهی، زودرسی و تولید پنجه‌های کمتر مشاهده شد، که موجب کاهش تولید زیست توده می‌شوند (روبرتزک و همکاران، ۲۰۰۸).

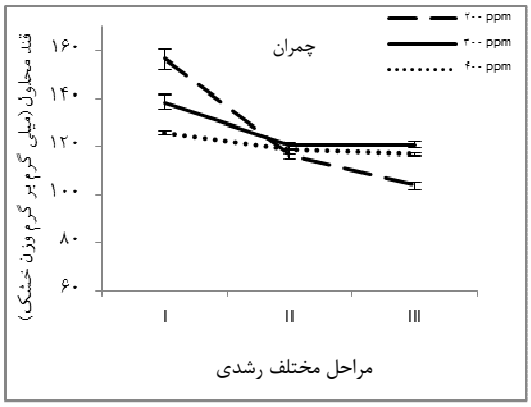
قندهای محلول برگ

برگ به عنوان اندام اصلی فتوسنتز کننده نقش مهمی در ساخت مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به سایر اندام‌های گیاه دارد. از مرحلهٔ شروع پر شدن دانه به بعد، شکل‌گیری مقصدهای قوی (دانه‌های در حال رشد) و در نتیجه نیاز بالا به مواد فتوسنتزی از یک سو و کاهش

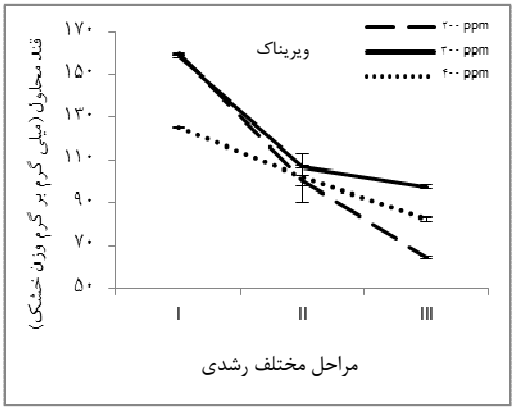
1- Mengel and Kirkby
2- Rebetzke *et al.*

اندازه مبدأ فتوسنتزی، به دلیل وجود محدودیت‌های بیرونی و درونی (محدودیت عوامل محیطی، پیری و غیره) و در نتیجه عرضهٔ پایین مواد فتوسنتزی از سوی دیگر، شرایط محدودیت مبدأ را در گیاه ایجاد می‌کند (اشنایدر[1]، ۱۹۹۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، روند تغییرات قندهای محلول برگ در دو رقم مورد بررسی تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم قرار گرفت و بین سطوح کودی پتاسیم، دو رقم گندم و اثرات متقابل بین آن‌ها در مراحل گلدهی (جدول۲) و رسیدگی (جدول۴) در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت، ولی ۱۰ روز پس از گلدهی، تفاوت معنی‌دار تنها در بین ارقام مشاهده گردید (جدول ۳). در مرحلهٔ گلدهی رقم چمران، در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با ۱۵۶/۵۲ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک، دارای بیشترین میزان قند محلول برگ و در مرحلهٔ رسیدگی با ۱۰۳/۴۳۹ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک دارای کمترین میزان قند محلول بود (شکل ۳). بیشترین مقدار قند محلول در مرحلهٔ رسیدگی در هر دو رقم مورد بررسی، در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم (در چمران با ۱۲۰/۷۸۸ و در ویریناک با ۹۷/۴۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مشاهده گردید. در مرحلهٔ گلدهی رقم ویریناک، بیشترین میزان قند محلول در سطح ۳۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم به ترتیب با ۱۵۹/۳۹ و ۱۵۸/۵۸ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک و کمترین میزان قند برگ در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با ۱۲۵/۴۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک مشاهده گردید. در مرحلهٔ رسیدگی سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با ۹۷/۴۰ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک و سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با ۶۴/۲۳ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان قند را داشتند (شکل۴).

روند تغییرات قندهای محلول برگ رقم چمران و ویریناک، در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با وجود اینکه میزان کود پتاسیم کمتری داشت، ولی محتوای قندهای محلول آن از دو سطح کودی ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم بیشتر بود. مقادیر بالای قندهای محلول در این سطح ممکن است به علت تنش کمبود پتاسیم در گیاه باشد، زیرا کمبود پتاسیم بر فتوسنتز بخش‌های مختلف و ساخت کربوهیدرات برگ تأثیر می‌گذارد و آنزیم کلیدی اینورتاز دخیل در



شکل۳ـ روند تغییرات قندهای محلول برگ رقم چمران در مراحل مختلف رشدی(I= گلدهی، II=۱۰ روز پس از گلدهی و III=رسیدگی) تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).



شکل٤ـ روند تغییرات قندهای محلول برگ رقم ویریناک در مراحل مختلف رشدی (I= گلدهی، II=۱۰ روز پس از گلدهی و III=رسیدگی) تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).

1- Schnyder

متابولیسم ساکارز را در سویا (ازبون و همکاران[1]، ۱۹۶۴؛ ازبون و همکاران، ۱۹۶۵) و گندم (جنر و همکاران[2]، ۱۹۹۱) غیر فعال می‌کند و از هیدرولیز نشاسته به گلوکز و فروکتوز جلوگیری می‌نماید. کاربرد اندک پتاسیم نیز منجر به افزایش محتوای قند برگ گندم گردید. با افزایش میزان پتاسیم تا سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم به علت فراهمی میزان مناسب پتاس برای گیاه، شرایط رشد و نمو گیاه متعادل‌تر شد، ولی در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم به علت مصرف مقادیر بالای پتاسیم، گیاه با تنظیم اسمزی از طریق جذب بیشتر یون پتاسیم و تجمع قند کمتر در برگ مواجه گردید، زیرا با افزایش مقدار یون پتاسیم در گیاه، احتمالاً تولید ATP مورد نیاز برای بارگیری مواد فتوسنتزی در آوندهای آبکش افزایش می یابد، در نتیجه مواد سریع‌تر از برگ به بخش‌های دیگر انتقال یافته و میزان قند برگ در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم کاهش بیشتری یافت (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷).

در مجموع افزایش قندهای محلول در زمان کمبود پتاسیم را می‌توان به علت توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و هم چنین تجزیهٔ قندهای نامحلول به قندهای محلول بیان کرد (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴). میزان تجمع بالای قندهای محلول در مرحلهٔ گلدهی در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم در هر دو رقم با گذشت زمان و طی مراحل رشد و نمو تا ۱۰ روز پس از گلدهی و رسیدگی نسبت به دو سطح ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم کاهش بیشتری یافت و این می‌تواند به دلیل از دست دادن سریعتر سطح سبز و پیری برگ‌ها در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم بوده باشد (عزیزی، ۱۳۷۷)، همچنین یوهارت و آندراده[3] (۱۹۹۴) گزارش کردند که محدودیت مبدأ باعث افزایش انتقال مجدد مواد پرورده از برگ و ساقه و کاهش کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی ساقه می‌شود.

قندهای محلول ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان قندهای محلول ریشه در مرحلهٔ گلدهی (جدول۲) تحت تأثیر سطوح پتاسیم قرار گرفت، همچنین بین سه سطح ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم ارقام مورد مطالعه و اثرات متقابل بین آن‌ها در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در ۱۰ روز پس از گلدهی (جدول ۳) این تفاوت‌ها بین رقم و اثرات متقابل و در مرحلهٔ رسیدگی تنها در بین ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۴).

میزان قندهای محلول ریشه در رقم چمران همچون برگ از ابتدا روند کاهشی را به دنبال داشت و بیشترین مقدار قندهای محلول ریشه در مرحلهٔ گلدهی، در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با ۱۶۲/۲۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک و در مرحلهٔ رسیدگی با ۱۳/۱۵ میلی-گرم بر گرم ماده خشک بوده است (شکل ۵). در رقم ویریناک بیشترین مقدار قند ریشه در مرحلهٔ گلدهی در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با ۹۸/۴۰ میلی-گرم بر گرم مادهٔ خشک و کمترین آن در سطح ۲۰۰ با ۶۹/۷۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک و در مرحلهٔ رسیدگی در سطح ۴۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم به ترتیب با ۳۴/۷۳ و ۳۲/۷۴ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار قند محلول بودند (شکل۶).

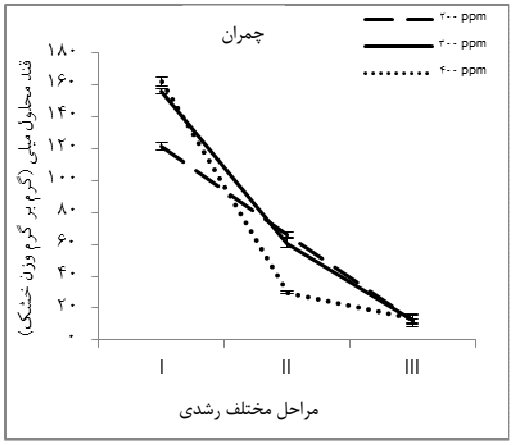
راهنما (۱۳۸۸) نیز نشان داد که میزان قندهای محلول ریشه در شرایط تنش شوری در مقایسه با شاهد (بدون تنش) کمتری بود، ولی در همین شرایط میزان قندهای محلول برگ افزایش یافته بود. بیشترین میزان قندهای محلول رقم چمران در سطح ۴۰۰ و در رقم ویریناک در دو سطح ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم مشاهده گردید و رابطهٔ مستقیمی بین جذب میزان پتاس بالا و قندهای محلول ریشه وجود داشت. زیرا ریشه‌ها در

1- Ozbun *et al.*
2- Jenner *et al.*
3- Uhart & Andrade

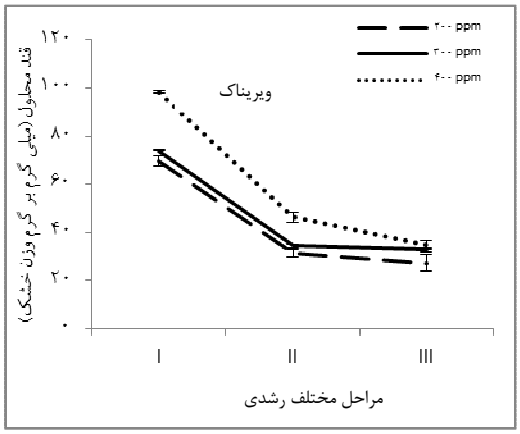
سطح ۴۰۰ رقم چمران و دو سطح ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم رقم ویریناک میزان پتاس بیشتر و همچنین میزان قند بیشتری جذب کرده بودند که با نظر خلدبرین و اسلام‌زاده (۱۳۸۴) مطابقت داشت (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۴). به طورکلی در مقادیر کمتر پتاسیم، تخلیهٔ مواد فتوسنتزی ساخته شده در برگ به دلیل اثر پتاسیم بر انتقال مواد، کمتر و کندتر صورت می‌گیرد، لذا ماندگاری قندهای محلول در برگ بیشتر می‌شود، و همچنین به دلیل انتقال کمتر مواد از برگ به ریشه، میزان قندهای محلول موجود در ریشه نیز کمتر از سایر سطوح پتاسیم (۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) است.

قندهای محلول و نشاسته دانه

قندهای محلول در دانه تحت تأثیر سطوح پتاسیم قرار گرفته و بین اثرات اصلی سطوح کودی و رقم و همچنین اثرات متقابل در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. در مرحلهٔ رسیدگی میزان قند محلول رقم چمران در سطح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم به ترتیب با مقادیر ۱۶۰/۹۵ و ۱۰۴/۲۶ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک، بیشترین و کمترین مقدار را داشته‌اند.



شکل۵ـ روند تغییرات قندهای محلول ریشهٔ رقم چمران در مراحل مختلف رشدی (I= گلدهی، II=۱۰ روز پس از گلدهی و III=رسیدگی) تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).



شکل۶ـ روند تغییرات قندهای محلول ریشهٔ رقم ویریناک در مراحل مختلف رشدی (I= گلدهی، II=۱۰ روز پس از گلدهی و III=رسیدگی) تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).

رقم ویریناک نیز در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با میزان ۱۶۵/۱ میلی‌گرم برگرم مادهٔ خشک، دارای بیشترین میزان قند محلول دانه و در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با میزان ۱۴۶/۲۳ میلی-گرم برگرم مادهٔ خشک دارای کمترین میزان قند محلول دانه بود (شکل ۷).

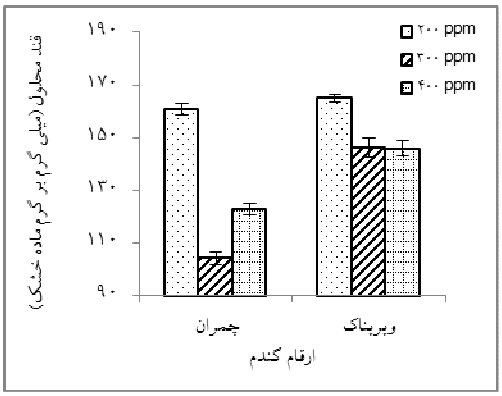
همچنین میزان نشاسته در دانه تحت تأثیر سطوح پتاسیم قرار گرفته بود و بین اثرات اصلی سطوح پتاسیم و رقم و همچنین اثرات متقابل در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). میزان نشاسته و قند محلول در شکل ۷ و ۸ روندی معکوس نشان داد. در جایی‌که قندهای محلول به وفور یافت می‌شوند، به علت دورهٔ کوتاه‌تر پر شدن دانه امکان ساخت و تشکیل نشاسته کمتر بوده است، بنابراین بیشترین میزان نشاسته در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، در رقم چمران (۷۲۱/۲۸ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک) و در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در رقم ویریناک (۴۰۴/۳۲ میلی-گرم بر گرم ماده خشک) مشاهده گردید. کمترین میزان نشاسته در هر دو رقم چمران و ویریناک در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب با مقادیر ۴۴۵/۸۶ و ۲۱۵/۵۵ میلی‌گرم برگرم مادهٔ خشک مشاهده شد (شکل ۸).

به طورکلی در رقم چمران در سطح ۳۰۰ و در رقم ویریناک در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم، با افزایش میزان نشاستهٔ دانه، وزن نهایی دانه، وزن هزار دانه و نهایتاً عملکرد افزایش یافت. زیرا عملکرد دانه گندم عمدتاً به انباشت نشاسته در اندوسپرم بستگی دارد. جنر و همکاران (۱۹۹۱) طی تحقیقات خود نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

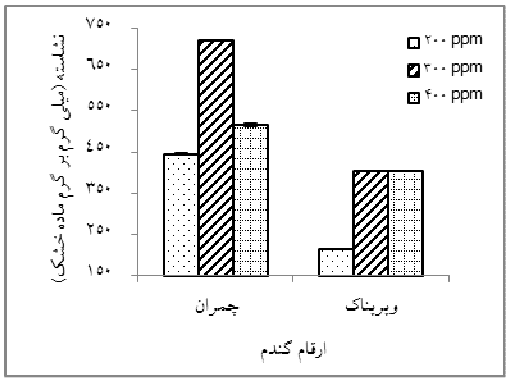
در این آزمایش در سطوح ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم دارای بیشترین میزان نشاسته و در سطح ۲۰۰ (کمبود پتاسیم) دارای بیشترین میزان قندهای محلول دانه بود که با آزمایشات وارد[1] (۱۹۶۰) مطابقت داشت. همچنین سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم در هر دو رقم به علت کمبود پتاسیم، پیری برگ‌ها زودتر و سریع‌تر انجام می‌گیرد، در نتیجه طول دورهٔ پر شدن دانه با استفاده از کربوهیدرات کاهش می‌یابد (طاهر و همکاران[2]، ۲۰۰۱).

پتاسیم با فعال‌سازی آنزیم سوکروز فسفات سینتاز (آنزیم کلیدی در سنتز ساکارز) محتوای قند را در برگ پرچم افزایش داده (وانگ و همکاران[3]، ۲۰۰۳) و قدرت انتقال آن به مقصد را افزایش می‌دهد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷). در نتیجه پتاسیم همچنین میزان قند دانه را در طول دورهٔ پر شدن دانه افزایش می‌دهد و با افزایش فعالیت آنزیم سوکروز سینتاز موجود در دانه تجزیه شده و پیش ماده تشکیل نشاسته را تولید می‌کند و با بهبود فعالیت آنزیم آدنوزین دی‌فسفورات‌گلوکز پیروفسفریلاز سرعت تشکیل نشاسته را افزایش می‌دهد، بنابراین کاهش نشاسته و افزایش قند محلول در دانه در شرایط کمبود پتاسیم به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های سوکروز سینتاز و آدنوزین دی فسفورات گلوکز پیروفسفریلاز می‌باشد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳).

1- Ward
2-Taher *et al.*
3- Jenner *et al.*



شکل۷ـ قندهای محلول دانه در دو رقم چمران و ویریناک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).



شکل۸ـ نشاسته دانه در دو رقم چمران و ویریناک در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک دانه تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).

روند تغییرات وزن ساقه در طول دورهٔ پر شدن دانه و انتقال مجدد

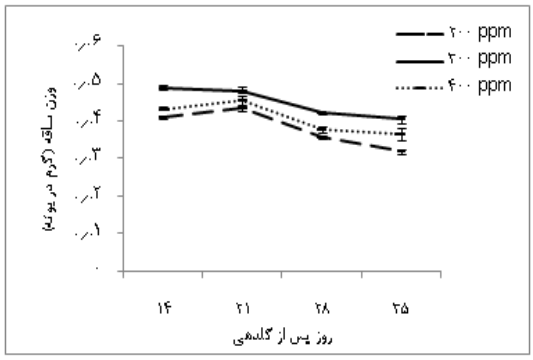
نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول۴) که تغییرات وزن ساقه (تک ساقه) تحت تأثیر سطوح کودی قرار گرفته است و بین سطوح کودی در سطح پنج درصد و رقم‌های مورد بررسی در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. روند تغییرات وزن ساقه در رقم چمران و ویریناک از دو هفته پس از گلدهی تا رسیدگی نشان داده شده است (شکل ۹ و ۱۰). بیشترین وزن ساقهٔ رقم چمران در مرحلهٔ گلدهی در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم، ۰/۴۸۷ گرم در بوته و در مرحلهٔ رسیدگی، ۰/۴۰۴ گرم در بوته بود. در رقم ویریناک نیز

در گلدهی و رسیدگی بیشترین وزن به سطح ۳۰۰ میلی-گرم در کیلوگرم به ترتیب با مقادیر ۰/۴۳۱ و ۰/۲۹۳ گرم در بوته تعلق داشت. وزن ساقه در سطح ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم نسبت به دو سطح کودی دیگر، به علت دوام کمتر سطح سبز و انتقال مجدد بیشتر ذخایر از ساقه به دانه کاهش بیشتری یافت.

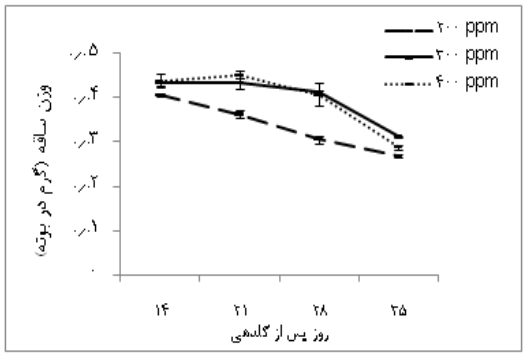
نتایج تجزیه واریانس صفات انتقال مجدد نشان داد که این تغییرات در بین ارقام، سطوح مختلف پتاسیم و اثرات متقابل بین آن‌ها معنی دار بود (جدول ۵). نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین درصد انتقال مجدد در رقم چمران در سطح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی-گرم در کیلوگرم پتاسیم به ترتیب ۲۲/۲۷ و ۱۵/۵۷ درصد بوده است. درصد انتقال مجدد در رقم ویریناک در بین سطوح کودی مختلف معنی‌دار نبود، ولی با این حال، سطح ۴۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم با ۳۴/۲۲ و ۳۲/۰۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان انتقال مجدد را داشته‌اند. کاهش وزن ساقه پس از گرده‌افشانی، نتیجه انتقال قندهای محلول موجود در آن-ها به سوی دانه‌های در حال رشد بوده است (اهدایی و همکاران[1]، ۲۰۰۶؛ بلوم و همکاران، ۱۹۸۹).

با توجه به نتایج به دست آمده، ویریناک در هر سه سطح پتاسیم درصد انتقال بالاتری داشت و با گزارشات بیشاب و باگ بی [2](۱۹۹۸) مبنی بر اینکه ارقام پاکوتاه (ویریناک) ماده خشک بیشتری را به سنبله منتقل می‌کنند مطابقت داشت. انتقال مواد ذخیره‌ای و تسهیم ذخایر انباشته شده به عملکرد دانه، به دو مؤلفهٔ میزان مواد پروردهٔ ذخیره شده در ساقه و نیز کارایی تحرک ذخایر و انتقال آن به دانه دارد (اهدایی و وینز، ۱۹۹۶) و از آنجایی که مؤلفهٔ دوم تحت تأثیر ویژگی‌های وراثتی رقم و قدرت ژنتیکی مقصد قرار می‌گیرد (اهدایی و همکاران، ۲۰۰۶) به نظر می‌رسد کارایی تحرک مواد پرورده ساقه و قدرت انتقال آن به سنبله و دانه در رقم ویریناک بیشتر از رقم چمران باشد.

در رقم چمران سطح ۳۰۰ و در رقم ویریناک سطح ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم بیشترین میزان کربوهیدرات محلول ساقه را در مرحلهٔ گلدهی داشتند. سطح کودی ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم در رقم چمران به علت کمبود پتاسیم، از دست دادن سریعتر سطح سبز، پیری برگ‌ها و کاهش فتوسنتز، میزان ذخیره کربوهیدرات محلول کمی داشت. بنابراین نیاز به ذخایر ساقه در طول دورهٔ پر شدن دانه افزایش بیشتری می‌یابد، و با وجود درصد بالای انتقال مواد، به علت ذخیرهٔ کمتر،



شکل۹ـ روند تغییرات وزن ساقه در رقم چمران تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).



شکل۱۰ـ روند تغییرات وزن ساقه در رقم ویریناک تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (نشانگرهای میله‌ای نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).

1- Ehdaie *et al.*
2- Bishop & Bugbee

جدول۵ـ تجزیه واریانس سطوح مختلف پتاسیم بر انتقال مجدد به دانه، کارایی ساقه در انتقال ذخایر به دانه، سهم نسبی ذخایر ساقه در عملکرد دو رقم گندم

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات		
		انتقال مجدد به دانه	کارایی ساقه در انتقال ذخایر به دانه	سهم نسبی ذخایر ساقه در عملکرد
تکرار	۲	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۱۱۵^{ns}	۰/۲۸۸^{ns}
رقم	۱	۰/۰۲۳**	۱۸/۷۸۱**	۱۰/۴۸**
سطوح پتاسیم	۲	۰/۰۱۳*	۱۰۹۱/۷۷۳**	۷۲۷/۴**
رقم× سطوح پتاسیم	۲	۰/۰۲۰*	۲۴/۳۶۱**	۴/۲۹**
خطای آزمایشی	۱۰	۰/۰۱	۰/۰۴۹۱۷۷	۰/۰۴۹
ضریب تغییرات(درصد)	–	۳/۹۹	۱/۶۴	۱/۳۹

*،**: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ ٪، ns غیر معنی‌داری

جدول٦ـ انتقال مجدد، درصد انتقال مواد ساخته شده به دانه و سهم نسبی ذخایر ساقه در عملکرد در طول دوره پر شدن دانه

سطوح پتاسیم (میلی-گرم در کیلوگرم)	انتقال مجدد به دانه (گرم)	کارایی ساقه در انتقال ذخایر به دانه (درصد)	سهم نسبی ذخایر ساقه در عملکرد (درصد)
رقم چمران			
۲۰۰	۰/۲۲ a*	۲۲/۲۷ a	۱۲/۱ a
۳۰۰	۰/۱۷ b	۱۷/۰۹ b	۸/۹۹ b
۴۰۰	۰/۱۵ b	۱۵/۵۸ b	۸/۳۴ b
رقم ویریناک			
۲۰۰	۰/۳۳ a	۳۳/۷۱ a	۲۲/۹۷ a
۳۰۰	۰/۳۲ a	۳۲/۰۵ a	۲۲/۳۷ a
۴۰۰	۰/۳۴ a	۳۴/۲۲ a	۲۲/۱۸ a

* برای هر رقم میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ دارای اختلاف معنی دار نیستند.

بر میزان وزن نهایی دانه و عملکرد نسبت به دو سطح کودی تأثیر کمتری داشت. به عقیدهٔ محققین شروع انتقال مجدد همزمان با شروع پیری برگ بوده و تسریع در پیری برگ موجب افزایش میزان انتقال مجدد ذخایر فتوسنتزی می‌گردد (یانگ و همکاران، ۲۰۰۳). ربتک و همکاران[1] (۲۰۰۸) بیان کردند، بین غلظت کربوهیدرات-های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی با عملکرد دانه و همچنین با اندازهٔ دانه ارتباط مثبتی گزارش شده است. بنابراین با افزایش کارایی انتقال در ساقه، سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه بیشتر می‌شود. تجمع قندها و کمبود پتاسیم ممکن است مهمترین دلیل مبنی بر تنظیم دقیق و ظریف قدرت تحرک مواد قندی محلول در آوند آبکش، از برگ به مقصد (دانه در حال پر شدن غلات) با قند بالا و تحت شرایط کمبود پتاسیم باشد (مارشنر و همکاران، ۱۹۹۶).

1- Rebetzke *et al.*

نتیجه‌گیری

یکی از عوامل تعیین کنندهٔ پتانسیل عملکرد دانه، تجمع کربوهیدرات‌ها در قسمت‌های مختلف ساقهٔ گندم و انتقال مجدد آن‌ها به دانه‌های در حال رشد است. به طور کلی بررسی ارقام از لحاظ صفت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نشان می‌دهد که رقم ویریناک نسبت به چمران انتقال مجدد مواد فتوسنتزی بیشتری دارد. با توجه به این تحقیق مقادیر بالای پتاسیم بر کربوهیدرات اندام های مختلف گیاه اثر مثبت داشت. به طورکلی جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر پیشنهاد می‌گردد از ارقام مختلف متوسطرس، زودرس و سطوح مختلف پتاسیم به منظور شناسایی مطالعات آنزیمی در گیاه و مقایسه میزان تأثیر هر یک بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه استفاده نمود.

منابع

۱. خلدبرین، ب. و اسلام زاده، ط. ۱۳۸۴.تغذیه معدنی گیاهان آلی. ترجمه، جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز. ۴۹۵ ص.

۲. راهنما، ا. ۱۳۸۸. بررسی برخی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی تحمل شوری در هفت رقم گندم نان. پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج. ۲۰۲ ص.

۳. سالاردینی، ا. و مجتهدی، م. ۱۳۶۷. مدیریت تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۸ ص.

۴. عزیزی، م. ۱۳۷۷. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا. پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۳ ص.

۵. قربانلی، م.و نیاکان، م. ۱۳۸۴.بررسی اثرتنش خشکی بر روی میزان قند های محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان.نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم.۳ : ۵۳۷-۵۴۹.

۶. ملکوتی، م. ج. و غیبی، م. ن. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی وکیفی محصولات استراتژی کشور. نشر آموزش کشاورزی. تهران. ۹۲ ص.

7. Bukhsh, M.A.A.H., Ahmad, R., Iqbal, J., Maqbool, M.M., Ali, A., Ishaque, M., and Hussain, S. 2012. Nutritional and physiological significance of potassium application in maize hybrid crop production. Pakistan Journal of Nutrition, 11(2): 187-202.

8. Bishop, D.L., and Bugbee, B.G. 1998. Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant physiology, 153: 558-565.

9. Blum, A. 1996. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. In: Braun, H.J., Altay, F., Kronstad, W.E., Beniwal, S.O.S. and

McNab, A. (eds.). Wheat: prospects for global improvement. Proceeding of the 5th International Wheat Conference. Ankara Turkey, 1997, pp: 135-142.

10. Blum, A., Golan. G., Mayer. J., Sinmena, B., Shpiler, L., and Burra, J. 1989. The drought response of landraces of wheat from the Northern Negev desert in Israel. Euphytica, 43(1-2): 87-96.

11. Bolarin, N.C., Santa-Cruz, A., Cayuela, E., and Perez-Alfocea, F. 1995. Short-term solute changes in leaves and roots of cultivated and wild tomato seedlings under salinity. Journal of Plant Physiology, 147: 463–468.

12. Ehdaei, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Post-anthesis changes in internodes water soluble carbohydrates. Crop Science, 46: 2093-2103.

13. Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1996. Genetic variation for contribution of preanthesis assimilates to grain yieid in spring wheat. J. Genet & Breed. 50: 47-56.

14. Evans, L.T., Wardlaw, I.F. 1996. Photoassimilate distribution in plants crops source-sink relation. In: Wheat. Eds. Zanneki, E., Sehalten, A.A. New York. pp: 501-518.

15. Jabbar, A., Aziz,T., Bhatti, I.H., Virk, Z.A., Khan, M.M., and Wasi-u-Din. 2009. Effect of potassium application on yield and protien contents of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) under field conditions. Soil and Environment. 28(2): 193-196.

16. Jenner, C.F., Ugalde, T.D., and Aspinall, D. 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm wheat. Australian Journal of Plant Physiology 18:211–226.

17. Kaiser, W.M. 1982. Correlation between changes in photosynthetic activity and changes in total protoplast volume in leaf tissue from hygro-, meso-, and xerophytes under osmotic stress. Planta 154: 538-545.

18. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

19. Marschner, H., Kirkby, E.A., and Cakmak, I. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. Journal of Experimental Botany, Vol. 47,.Special Issue, pp. 1255-1263.

20. Mengel, K., and Kirkby, E.A. 2001. Principles of plant nutrition. 5th Edn., Kluwer Academic Publisher, pp: 605-650.

21. Mitsuru, O.S., Shinano, T.K., and Toshiak, T.D. 1991. Redistribution of carbon and nitrogen compounds from the shoot to the harvesting organs during maturation in field crops. Soil Science. Plant Nutrient, 37(1): 117-128.

22. Niu, J.Y., Gan, Y.T., Zhang, J.W., and Yang, Q.F. 1998. Postanthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film. Crop Science, 38: 1562-1568.

23. Ozbun, J.L., Volik, R.J., and Jakson, W.A. 1964. Effect of potassium deficiency on photosynthesis, respiration and the utilization of photosynthetic reductant by immature bean leaves. Crop Science, 5: 69-75.

24. Ozbun, J.L., Volk, R.J., and Jackson, W.A. 1965. Effect of potassium deficiency on photosynthesis, respiration, and the utilization of photosynthelic reductant by mature bean leaves. Crop Science, 5: 497-500.

25. Papakosta, D.K., and Gagianas, A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remohilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal, 83: 864-870.

26. Rawson, H.M., and Evans, L.T. 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of cultivars of different height. Australian Journal of Agricultural Resarch, 22: 851-863.

27. Rebetzke, G.J., Van Herwaarden, A.F., Jenkins, C., Weiss, M., Lewis, D., Ruuska, S., Tabe, L., Fettell, N.A., and Richards, R.A. 2008. Quantitative trait loci for water-soluble carbohydrates and associations with agronomic traits in wheat. Australian. Journal of Agricultural Research, 59: 891–905.

28. Schnyder, H. 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling–a review. New phytologist., 123: 233-245.

29. Sheligl, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal, 47-51.

30. Tahir, M.A., Gill, T., Waheed, Z., Ahmad and Rehman, H. 2001. Potassium deficiency-stress tolerance in wheat genotypes II: Soil Culture Study. Interational Journal of Agriculture and Biology, 3 (1) :113-116

31. Uhart, S.A., and Andrade, F.H. 1995. Nitrogen defoliation in maize. I: Effects on crop growth, development dry matter partitioning and kernel set. Crop Science. 35: 1376-1383.

32. Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Liu, L., and Zhu, Q. 2003. Postanthesis water deficits enhance grain filling in two-line hybrid rice. Crop Science, 43: 2099–2108.

33. Wang, X.D., Yu, Z.W., and Wang, D. 2003. Effect of potassium on flag leaf proteinases activity and kernel quality in wheat. Acta Agronomica Sinica, 29(2): 285-289.