مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۴، شماره ۳، ۱۳۹۲ (۴۱۰-۳۹۹)

واکنش ارقام گندم به کاهش اندازه منبع در مرحله گلدهی: تعداد و وزن دانه، پایداری کلروفیل و ذخایر ساقه

حسین نوری[۱]، علی احمدی[۲]* و کاظم پوستینی[۳]
۱، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، ۲ و ۳، دانشیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۱ - تاریخ تصویب: ۹۲/۴/۱۸)

چکیده

مطالعات دست‌ورزی در روابط منبع و مخزن طی مرحله بعد ازگلدهی درگندم نتایج متناقضی را نشان داد است، این‌گونه نتیجه‌گیری می‌شودکه عملکرد گندم می‌تواند به وسیله منبع و یا مخزن محدود شود. هدف از این مطالعه تعیین شدت محدودیت نسبی اندازهمنبع در سی و شش رقم گندم زراعی ایرانو شناخت سازوکارهای جبرانی قدرت منبع در پاسخ به کاهش اندازه منبع بود. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۳۶ رقم گندم به عنوان فاکتور اصلی و۳ شدت حذف برگ شاملشاهد (ND[1])، حذف همه برگ‌ها (FD[2]) و حذف همه برگ‌ها به جزء برگ پرچم(PD[3])به عنوان فاکتور فرعیبودند. حذف برگ در مرحله گلدهی (شکل‌گیری ظرفیت مخزن) انجام شد. ارقام گندم واکنش بسیار متفاوتی به حذف برگ نشان دادند به عبارت دیگر در بین ارقام مورد مطالعه ارقامی با کاهش معنی‌دار عملکرد در تیمار PD و عدم کاهش معنی‌دار عملکرد حتی در تیمارFD مشاهده شد که بیانگر درجات بسیار متفاوت محدودیت منبع و مخزن در بین ارقام و احتمالاً وجود برخی سازوکارهای جبرانی در حالت کاهش سطح برگ می‌باشد.تنوع بسیار زیادی از نظر سطح برگ پرچم بین ارقام مورد مطالعه مشاهده شد. پایداری کلروفیل برگ پرچم در هفته دوم و سوم بعد از اعمال تیمار برگزدایی در تیمار برگزدایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.تیمارهای حذف برگ باعث کاهش معنی‌دار وزن ساقه اصلی نسبت به شاهد (ND)گردید. این مشاهده بیانگر آن است که در شرایط کاهش منبع یا به عبارت دیگر افزایش نیاز مخزن به منابع مواد پرورده باقیمانده، بهره‌برداری از مواد ذخیره‌ای ساقه و لذا انتقال مجدد می‌تواند یکی از فرآیندهای جبرانی اصلی در گیاه گندم به کار گرفته شود.

واژه های کلیدی: حذف برگ، گلدهی، گندم، منبع

1. Non-defoliation
2. Full defoliation
3. Partial defoliation

* نویسنده مسئول: علی احمدی تلفن: ۰۹۱۲۷۴۴۰۹۰۲ E-mail: ahmadia@ut.ac.ir

مقدمه

گندم یکی از محصولاتی است که سهم عمده‌ای در تأمین غذای جهان دارد. از کل گندم تولید شدهدر کشورهای توسعه یافته، ۵۳ درصد آن به عنوان غذا مصرف می‌شود. این رقم در کشورهای در حال توسعه ۸۵ درصد می‌باشد(Dencic et al., 2011).گندم هم از نظر تولید و هم سطح زیر کشت یکی از مهمترین محصولات کشاورزی ایران می‌باشد. براساس گزارش فائو ایران در سال ۲۰۱۱ حدود ۱۵/۵ میلیون تن گندم تولید کرد که نسبت به سال ۲۰۱۰، دو میلیون تن افزایش داشته است(FAO, 2012).

تولید محصولات کشاورزی متأثر از مدیریت زراعی، عوامل محیطی و درونی است.اگرچه با مدیریت زراعی می‌توان برخی از عوامل محدودکننده را در سطح مزرعه بهبود بخشید و عملکرد را به سطح پتانسیل نزدیک نمود اما رفع موانع محدود کننده درونی گیاه که پتانسیل تولید را محدود می‌سازد نیازمند شناخت عوامل درونی و فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد. در گیاهان زراعی، اساس فیزیولوژیکی تولید ماده خشک به قدرت منبع و مخزن وابسته است. منبع ظرفیت بالقوه‌ای برای فتوسنتز و مخزن ظرفیت بالقوه‌ای برای استفاده مواد فتوسنتزی است. بدیهی است در شرایطی که مخزن عامل محدود کننده است هرگونه فعالیت اصلاحی برای افزایش قدرت منبع منجر به افزایش عملکرد نخواهد شد. از طرفی در شرایطی که مخزن محدود کننده نباشد ولی ظرفیت منبع محدود کننده باشد، تمرکز تحقیقات روی بهبود قدرت مخزن بی نتیجه خواهد بود. بیشینه ساختن منبع و استفاده مناسب توسط مخزن‌های اقتصادی برای بهبود پتانسیل عملکرد در گیاهان زراعی مهم است.

به منظور شناسایی مکانیسم‌های کنترل‌کننده عملکرد دانه، دستکاری قدرت منبع و اندازه مخزن در پژوهش‌های متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. شواهد نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد دانه در حالت تعادل بین منبع و مخزن بدست آمده است (Borras et al., 2004).در این راستا تعدادی از محققان (Cruze-Aguado et al., 1999; Borras et al., 2004) بر این باور هستند که اثر برگ‌زدایی بر عملکرد دانه بسته به زمان، شدت و نحوه اعمال تیمار متفاوت است.هرچه زمان اعمال تیمارهای برگ زدایی به مرحله گرده افشانی نزدیک‌تر باشد واکنش گیاه نسبت به آن شدیدترخواهد بود (Cruze-Aguado et al., 1999). تعدادی از محققان نتیجه‌گیری کرده‌اندکه عملکرد دانه گندم توسط مخزن محدود می‌شود. در این بین Ahmadi et al., (2009) گزارش کردند وزن دانه در پاسخ به تیمارهای حذف همه برگ‌ها به جزء برگ پرچم در مراحل چکمه‌ای و گلدهی و حذف کل برگ‌ها در مرحله گلدهی، تغییر محسوسی نکرد که نشان می‌دهد قدرت مخزن و نه منبع محدودکننده عملکرد دانه است. حذف تمام برگ‌های پایینی برگ پرچم در مرحله غلاف رفتن،گرده افشانی و۲۰روز بعد ازگرده افشانی در گندم (رقمقدس) درشرایط فاریاب تأثیری روی عملکرد دانه، وزن هزاردانه دانه نداشت (Joodi et al., 2006). از طرفی تعدادی از محققین بر این باورند که قدرت منبع و نه مخزن محدود کننده عملکرد دانه است. به عنوان مثال در مطالعه Alam et al.,(2008) حذف همه برگها و برگ پرچم موجب کاهش به ترتیب ۱۶/۹ و ۲۷/۹ درصدی عملکرد دانه در سنبله اصلی شدند.

Bijanzadeh & Emam (2010)گزارش کردند که اعمال برگزدایی در مرحله گلدهی عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله را در ارقام شیراز، بهار و یاور به طور معنی‌داری کاهش داد.

در غالب مطالعات انجام شده در کشور (Ahmadi & Joudi 2007; Esmaielpur-Jahromi, 2007) تحقیق روی تعداد محدودی رقم و بدون داشتن یک ارزیابی اولیه از محدودیت نسبی منبع در آنها صورت گرفته است لذادر ادامه تحقیقات پیشین لازم به نظر می‌رسد ابتدا شناسایی درجه نسبی حساسیت به کاهش منبع در طیف گسترده‌ای از ارقام زراعی و ژنوتیپ‌های گندم ایران صورت گرفته و سپس با داشتن ارقام مقاوم و حساس به کاهش منبع به مطالعه سازوکارهای جبرانی پرداخته شود. از اینرو در این مطالعه ابتدا تعداد ۸۱ رقم از نظر واکنش نسبت به شدیدترین و کمترین تیمار برگزدایی مورد مطالعه قرار گرفتند (Esmaeilpour-Jahromi et al., 2012) سپس از میان ارقام فوق ۳۶ رقم از دو طیف بالا و پایین ارقام با کمترین واکنش نسبت به شدیدترین تیمار برگزدایی و ارقام با بیشترین واکنش

نسبت به خفیف‌ترین تیمار برگزدایی انتخاب و مطالعات تکمیلی روی این ارقام انجام شد.هدف از این مطالعه شناسایی درجه محدودیت نسبیمنبع در ارقام گندم زراعی ایران و شناخت برخی سازوکارهای جبرانی قدرت منبع بود.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر به صورت آزمایش مزرعه‌ای در طی سال زراعی۹۰-۱۳۸۹در مزرعه آموزشی پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرجبه اجرا گذاشته شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متری و طول ۳ متر بود. بذور قبل از کاشت برای مقابله با سیاهک با ویتاواکس ضدعفونی شده و در دو طرف پشته به صورت دستی و با استفاده از فوکا در عمق ۵-۴ سانتی‌متر در آذر ماه ۱۳۸۹ کاشته شدند. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام گردید. براساس توصیه متداول کودی برای مزرعه آزمایش یکودآمونیوم فسفات برمبنای۲۰۰ کیلوگرم درهکتار قبل ازکاشت و همچنین کودنیتروژن برمبنای۱۵۰کیلوگرم در هکتار در زمان‌های پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن بصورت سرک به زمین داده شد. آبیاری مزرعه مطابق با عرف در منطقه و هر ۸ روز یکبار انجام گردید و در هر کرت ردیف اول و چهارم و ۳۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر ردیف به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به منظور یکنواخت‌سازی نمونه‌های گیاهی در هر کرت ۱۰ گروه سه‌تایی ساقه اصلی به گونه‌ای انتخاب و علامت‌گذاری شدند که گیاهان داخل هر گروه کاملاً مشابه باشند. در هر گروه یکی از گیاهان به عنوان شاهد (ND^1) و دو گیاه دیگر برای تیمارهای حذف همه برگ‌ها (FD^2) و حذف همه برگ‌ها به جزء برگ پرچم (PD^3) در نظر گرفته شد. بدین ترتیب در هر کرت آزمایشی ۱۰ ساقه اصلی برای هر تیمار مورد استفاده قرار گرفت.

آزمایش مورد نظر در شرایط فاریاب به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۳۶ رقم گندمبه عنوان فاکتور اصلی و شدت حذف برگ در ۳ سطح (شاهد(ND)،حذف همه برگ‌ها (FD) و حذف همه برگ‌ها به جزء برگ پرچم (PD)) به عنوان فاکتورهای فرعی بود. حذف برگ در مرحله گلدهی (شروع مرحله شکل‌گیری ظرفیت مخزن) انجام شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگپرچم، برگ پرچم حذف شده در تیمارهایFD به آزمایشگاه منتقل شده و با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل DELTA-T میزان سطح برگ پرچم اندازه‌گیری شد. کلروفیل برگ پرچم با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Spad-502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری گردید (Lopes et al., 2012). اندازه‌گیری کلروفیل در مرحله گلدهی (زمان اعمال تیمار برگزدایی)، هفته دوم و سوم بعد از گلدهی بر روی برگ پرچم تیمارهای شاهد و PD انجام شد و روند تجزیه کلروفیل محاسبه و مقایسات میانگین به روش دانکن انجام شد. به منظور بررسی اثرات کاهش منبع بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد، کل بوته‌های انتخاب شده در هر واحد آزمایشی (۱۰ بوته برای هر تیمار) برداشت و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده، سپس جداسازی دانه‌ها از سنبله بوسیله دست صورت گرفت. به منظور تعیین عملکرد و وزن هزار دانه توزین شد و میانگین تعداد دانه در ۱۰ بوته نیز برآورد شد. جهت اندازه‌گیری تغییرات وزن کل ساقه اصلی در مقایسه با تیمارهای حذف برگ، ۱۰ ساقه اصلی حاصل از هر واحد پس از جداسازی توزین و سپس تفاوت وزن تیمارهای FD و PD با تیمار شاهد محاسبه شد. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 تجزیه شدند و مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح فاکتورها در برنامه MSTATC انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

سطح برگ پرچم

در پژوهش حاضر تنوع بسیار زیادی از نظر سطح برگ پرچم بین ارقام مورد مطالعه مشاهده شد. بر اساس میانگین داده‌ها، سطح برگ پرچم ارقام از ۱۵/۰۳ تا ۳۶/۶۷ سانتی‌مترمربع متغیر بود (جدول۱). سطح برگ نشان دهنده سطح فتوسنتز کننده و قابلیت گیاه در

1. Non- defoliation
2. Full defoliation
3. Partial defoliation

جذب انرژی تابشی و تبدیل آن به ماده خشک می‌باشد. برگ پرچم یکی از آخرین اندام‌هایی است که بر روی ساقه ظاهر می‌شود و از آنجا که در بالای تاج پوشش گیاهی قرار می‌گیرد، لذا بیشترین دریافت تابش را دارد.

جدول۱- میانگین سطح برگ پرچم در ارقام مختلف گندم. هر عدد میانگین ۱۰ برگ در هر کرت و سه تکرار است.

ردیف	رقم	سال آزادسازی	سطح برگ پرچم	ردیف	رقم	سال آزادسازی	سطح برگ پرچم
۱	آرتا	۱۳۸۵	۱۷/۶۷^{no}	۱۹	بک‌کراس روشن بهاره	۱۳۷۷	۲۴/۲۵$^{f-k}$
۲	آذر	۱۳۳۵	۲۴/۴۵$^{f-k}$	۲۰	بولانی	-	۲۴/۰۰$^{g-k}$
۳	اترک	-	۱۵/۰۳^{o}	۲۱	چناب	۱۳۵۴	۲۲/۱۲$^{j-m}$
۴	بیات	۱۳۵۵	۲۸/۱۷$^{b-f}$	۲۲	دریا	۱۳۸۵	۲۶/۰۲$^{e-j}$
۵	پیشتاز	۱۳۸۱	۳۱/۷۵^{b}	۲۳	سایسون	۱۳۷۳	۲۴/۸۰$^{f-k}$
۶	دز	۱۳۸۱	۲۹/۰۸$^{b-e}$	۲۴	سیستان	۱۳۸۵	۲۲/۶۳$^{i-m}$
۷	سبلان	۱۳۶۰	۲۳/۶۷$^{h-l}$	۲۵	شعله	۱۳۳۶	۲۷/۳۰$^{c-h}$
۸	عدل	۱۳۴۱	۱۹/۸۶^{lmn}	۲۶	شهریار	۱۳۸۱	۲۸/۸۳$^{b-e}$
۹	فلات	۱۳۶۹	۲۰/۱۳^{lmn}	۲۷	فرونتانا	-	۲۸/۷۵$^{b-e}$
۱۰	کراس‌شاهی	-	۲۷/۷۲$^{c-g}$	۲۸	فونگ	-	۲۵/۸۳$^{e-j}$
۱۱	کویر	۱۳۷۶	۲۷/۰۳$^{d-h}$	۲۹	کاسگوژن	۱۳۷۳	۳۱/۱۸^{bc}
۱۲	کرج۱	۱۳۵۲	۲۲/۷۰$^{i-m}$	۳۰	کراس فلات هامون	-	۱۸/۱۵^{no}
۱۳	کرج۲	۱۳۵۲	۳۰/۶۷^{bcd}	۳۱	کرج۳	۱۳۵۵	۳۶/۶۷^{a}
۱۴	مغان۲	۱۳۵۳	۲۵/۲۸$^{e-j}$	۳۲	مارون	۱۳۷۰	۳۰/۳۳^{bcd}
۱۵	هامون	۱۳۸۱	۲۲/۵۰$^{i-m}$	۳۳	مرودشت	۱۳۷۸	۲۸/۱۷$^{b-f}$
۱۶	هیرمند	۱۳۷۰	۲۴/۷۵$^{f-k}$	۳۴	مغان۱	۱۳۵۲	۲۱/۰۷$^{k-n}$
۱۷	آذر۲	۱۳۷۸	۱۹/۴۲^{mn}	۳۵	مونتانا	-	۲۱/۱۳$^{k-n}$
۱۸	آزادی	۱۳۵۸	۲۶/۲۷$^{e-i}$	۳۶	استورک	-	۲۴/۱۳$^{g-k}$

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

بنابراین دور از انتظار نیست که از مهمترین منابع تامین کننده مواد پرورده برای دانه‌های در حال رشد باشد، به طوری که برآورد شده است در بعضی شرایط منشأ ۷۰ درصد وزن خشک دانه‌ها، حاصل کربن تثبیت شده در برگ پرچم می‌باشد. لذا سطح برگ پرچم را می‌توان یکی از شاخص‌های قدرت منبع به شمار آورد.

Khodarahmi & Vazzan(2010) گزارش کردند که بین ارقام ایرانی از لحاظ صفت سطح برگ تفاوت‌های معنی‌داری وجود دارد. شناسایی ارقام با کمترین و بیشترین سطح برگ پرچم در بین ارقام زراعی ایران اهمیت شایان توجهی دارد. چرا که این ارقام با توجه به سطح برگ پرچم متفاوت آنها، می‌توانند به عنوان منبع ژنتیکی در پروژه‌های به‌نژادی مد نظر اصلاح‌گران قرار گیرند. در پژوهش حاضر، بعضی ارقام با عملکرد زیادنظیر پیشتاز و دز که ارقام به نسبت جدیدی هستند سطح برگ پرچم نسبتا بالایی داشتند و در عین حال ارقام قدیمی نظیر کرج۳ و کرج۲ هر چندسطح برگ پرچم بالایی داشتند اما عملکرد بسیار کمی داشته و در رده‌های پایین جدول رتبه بندی ارقام از نظر عملکرد قرار گرفتند.نتایجاین مشاهده حاکی از آن است که در ارقام با عملکرد پایین، بین مواد پرورده ناشی از سطح برگ بالا و توان ذخیره‌سازی آنها ناهماهنگی وجود داشته است. به عبارت دیگر از آنجا که این ارقام از ارقام قدیمی بودند و به طور کلی این گونه‌ارقام با محدودیت شدید اندازه مقصد فیزیولوژیک مواجه‌اند، لذا مواد پرورده تولیدی در برگ‌ها به ناچار به سمتی غیر از دانه‌ها هدایت می‌شوند و یا در نهایت در خود برگ تجمع می‌یابند که تنها افزایش عملکرد بیولوژیک را به دنبال خواهد داشت.

در این راستا Fisher(2008) گزارش داد با افزایش نیاز مخزن از طریق تعداد دانه در سنبله، سرعت فتوسنتز برگ طی دوره پر شدن دانه بهبود می‌یابد که این شاهد دیگری بر وجود محدودیت مخزن حتی در ارقام جدید و با عملکرد بالای گندم می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد سطح برگ پرچم زیادتر در ارقام جدید بتواند یک مزیت محسوب شود.

عملکرد تک سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کهاثر رقم، شدت حذف برگ و اثر متقابل آنها بر عملکرد تک سنبله معنی‌دار بود (جدول۲).

تفاوت قابل توجهی در عملکرد تک سنبله ارقام مشاهده شد ارقامی مانند فونگ، مغان و سیستان به ترتیب با ۲/۰۱، ۱/۹۲ و ۱/۹۰ گرم دارای بیشترین و ارقامی مانند کرج۳، شعله و مونتانابه ترتیب با ۱/۰۳، ۱/۲۴ و ۱/۳۵ دارای کمترین عملکرد تک سنبله بودند (جدول۳). همانطور که انتظار می‌رفت ارقام از نظر عملکرد تک سنبله با توجه به اختلاف ژنتیکی آنها در ظرفیت تولید، متفاوت بودند و ارقام قدیم عملکرد تک سنبله کمتری نسبت به ارقام جدید داشتند.نتایج به دست آمده در این تحقیق مشابه پژوهش Reynolds et al.,(2007) بود. در پژوهش حاضر، تیمارهای حذف برگ باعث کاهش معنی‌دار عملکرد تک سنبله شدند. در همین راستا نتایج پژوهش انجام شده توسط Bijanzadeh & Emam (2010) نشان داد شدت‌های مختلف برگزدایی در مرحله شروع مرحله شکل‌گیری ظرفیت مخزن در ارقام مختلف گندم کاهش معنی‌دار عملکرد دانه را به دنبال داشت.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن ساقه	عملکرد تک سنبله	تعداد دانه در سنبله
بلوک	۲	۰/۴۱**	۰/۵۱**	۳۴/۶۴ns
رقم (**A**)	۳۵	۰/۲۱**	۰/۳۷**	۴۷۸/۵۴**
اشتباه آزمایشی ۱	۷۰	۰/۰۴	۰/۱۱	۲۱/۷۱
شدت حذف برگ (**B**)	۲	۱/۱۹**	۵/۴۹**	۲۴۶۱/۹۷**
اثر متقابل (**A** × **B**)	۷۰	۰/۰۰۸**	۰/۰۳**	۱۳/۹۱**
اشتباه آزمایشی ۲	۱۴۴	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۶/۴۳
ضریب تغییرات(٪)		۶/۱۲	۶/۹۲	۵/۸۳

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns عدم اختلاف معنی دار.

ارقام مختلف مورد استفاده در این مطالعه رفتار متفاوتی در واکنش به سطوح مختلف کاهش قدرت منبع از خود نشان دادند. مقایسه تیمار PD با تیمار شاهد، نشان دهنده نقش همه برگ‌ها به جزء برگ پرچم در عملکرد دانه می‌باشد. جدول۳ واکنش ارقام به کاهش منبع را نشان می‌دهد. متوسط کاهش عملکرد تک سنبله در تیمار ۱۱PD درصد بود. ارقام با عملکرد بالا واکنش محسوس‌تری به تعدیل منبع نسبت به ارقام با عملکرد پایین داشته‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد که عملکرد پایین در ارقام با پتانسیل عملکرد پایین به علت محدودیت منبع نباشد و این ارقام احتمالا با محدودیت مخزن مواجهه‌اند.

پژوهشگران (Mohamadtaheri et al., 2010) اعتقاد دارند ظرفیت فتوسنتزی برگ پرچم بیش از آن مقداری است که در گیاهان شاهد مشاهده می‌شود و حداکثر استفاده از ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها به عمل نمی‌آید. از اینرو احتمالا دلیل کاهش کمتر عملکرد دانه در برخی ارقام افزایش فتوسنتز برگ پرچم، سنبله (Maydup et al., 2010) و ساقه باشد.

بامقایسه تیمار FD با تیمار شاهدمی‌توان به نقش فتوسنتزی کل برگ‌ها در عملکرد دانه پی برد.تیمار FD به طور میانگین باعث کاهش ۲۵ درصدی در عملکرد تک سنبله شد (جدول۳). ارقامی که بیشترین واکنش را به حذف کل برگ‌ها نشان دادند عموما با واکنش ارقام به تیمار PD مشابه بودند. احتمالا دلیل کاهش کمتر عملکرد دانه در برخی ارقام نظیر دز و سیستان این باشد که در این ارقام انتقال مجدد مواد پرورده تحریک شده و انتقال ترکیبات ذخیره‌ای از منابع ثانویه مانند ساقه به دانه‌های در حال رشد تا حدودی جبران کاهش عملکرد ناشی از کاهش منبع را کرده است(Khan et al., 2002). به بیان دیگر این ارقام دارای محدودیت مخزن (Reynolds et al., 2007) می‌باشند. در حالی‌که ارقامی که دارای کاهش عملکرد بیشتری در شرایط حذف برگ بودند به احتمال زیاد دارای محدویت منبع باشند.

بین تیمارهای PD و FD تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه مشاهده شد. با مقایسه تیمارهای PD و FD می‌توان به نقش برگ پرچم پی برد. با توجه به اینکه تفاوت دو تیمار در وجود و عدم وجود برگ پرچم

است، لذا اختلاف درصد کاهش عملکرد ۱۴ درصدی بین تیمارهای PD و FD نشان دهنده سهم برگ پرچم در تامین مواد پرودهبرای پرشدن دانه در شرایط کاهش منبع می‌باشد. ,.Balkan et al (2011) بیان کردند سهم فتوسنتزی برگ پرچم در تولیدات فتوسنتزی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد متغیر است.

جدول۳- اثر کاهش منبع بر عملکرد تک سنبله و تعداد دانه در سنبله ارقام گندم. حذف برگ در مرحله گلدهی انجام شد. در تیمار برگزدایی کامل،کل برگ‌ها و برگزدایی جزئی، کل برگها به جز برگ پرچم حذف شدند هر عدد میانگین ۱۰ بوته در هر کرت و سه تکرار است. لیست ارقام بر اساس عملکرد تک سنبله آنها از بیشترین به کمترین مرتب شده است.

ردیف	رقم	عملکرد دانه (گرم در بوته)						تعداد دانه در سنبله					
		شاهد	برگزدایی جزئی(PD)		برگزدایی کامل(FD)			شاهد	برگزدایی جزئی(PD)		برگزدایی کامل(FD)		
			میانگین	درصد تغییرات	میانگین	درصد تغییرات			میانگین	درصد تغییرات	میانگین	درصد تغییرات	
۱	فونگ	۲/۲۸	۲/۱۱	-۷/۴۶	۱/۶۴	-۲۷/۹۴		۵۶/۵۹	۴۹/۷۵	-۱۲/۰۹	۳۶/۹۶	-۳۴/۶۹	
۲	آزادی	۲/۱۷	۱/۴۴	-۳۳/۶۴	۱/۲۸	-۴۱/۱۵		۶۴/۴۲	۵۷/۵۰	-۱۰/۷۴	۵۴/۰۷	-۱۶/۰۷	
۳	مغان ۱	۲/۱۴	۱/۹۲	-۱۰/۲۸	۱/۶۹	-۲۱/۰۳		۶۶/۵۰	۶۳/۶۷	-۴/۲۶	۵۴/۷۵	-۱۷/۶۷	
۴	کاسکوژن	۲/۱۲	۱/۸۷	-۱۱/۷۹	۱/۴۵	-۳۱/۶۰		۴۷/۴۲	۳۹/۸۴	-۱۵/۹۸	۳۴/۱۷	-۲۷/۹۴	
۵	مرودشت	۲/۰۸	۱/۸	-۱۳/۴۶	۱/۱۵	-۴۴/۷۱		۶۷/۵۰	۶۰/۸۳	-۹/۸۸	۴۹/۰۸	-۲۷/۲۹	
۶	Stork	۲/۰۶	۱/۸۳	-۱۱/۱۷	۱/۴۲	-۳۱/۰۷		۵۲/۲۵	۴۶/۶۸	-۱۰/۶۶	۳۹/۵۸	-۲۴/۲۵	
۷	کویر	۲/۰۳	۱/۷۲	۱۵/۲۷	۱/۵۸	-۲۲/۱۷		۵۲/۱۸	۴۹/۱۸	-۵/۷۵	۴۴/۶۷	-۱۴/۳۹	
۸	سیستان	۲/۰۱	۱/۹	-۵/۴۷	۱/۷۸	-۱۱/۴۴		۵۸/۱۳	۵۴/۳۹	-۶/۴۳	۴۷/۵۸	-۱۸/۱۵	
۹	دریا	۱/۹۶	۱/۶۴	-۱۶/۳۳	۱/۴۲	-۲۷/۵۵		۵۷/۰۰	۵۴/۱۳	-۵/۰۴	۴۷/۲۳	-۱۷/۱۴	
۱۰	چناب	۱/۹۴	۱/۸۳	۵/۶۷	۱/۴۸	-۲۳/۷۱		۵۰/۰۸	۴۹/۵۰	-۱/۱۶	۴۴/۵۸	-۱۰/۹۸	
۱۱	مغان۲	۱/۸۹	۱/۶۴	-۱۳/۲۳	۱/۳۴	-۲۹/۱۰		۵۳/۱۷	۴۶/۵۹	-۱۲/۳۸	۳۷/۴۲	-۲۹/۶۲	
۱۲	بک کراس روشن بهاره	۱/۸۷	۱/۵۹	-۱۵/۸۷	۱/۳۳	-۲۹/۶۳		۴۷/۰۸	۴۱/۱۷	-۱۲/۵۵	۳۵/۴۸	-۲۴/۶۴	
۱۳	مارون	۱/۸۷	۱/۸۵	-۱/۰۷	۱/۴۰	۲۵/۱۳		۵۷/۱۷	۵۱/۱۷	-۱۰/۵۰	۴۶/۰۸	-۱۹/۴۰	
۱۴	آذر	۱/۸۶	۱/۶۲	-۱۲/۹۰	۱/۴۹	-۱۹/۸۹		۳۸/۲۹	۳۲/۶۱	-۱۴/۸۳	۳۰/۸۷	-۱۹/۳۸	
۱۵	آرتا	۱/۸۵	۱/۷	-۸/۱۱	۱/۳۷	-۲۵/۹۵		۴۸/۰۱	۴۳/۴۵	-۹/۵۰	۳۹/۸۸	-۱۶/۹۳	
۱۶	هیرمند	۱/۸۵	۱/۴۳	-۲۲/۷۰	۰/۷۶	-۵۸/۹۲		۵۴/۷۵	۵۰/۳۰	-۸/۱۳	۴۰/۹۷	-۲۵/۱۷	
۱۷	فلات	۱/۸۲	۱/۷۶	-۳/۳۰	۱/۵۰	-۱۷/۵۸		۴۷/۵۰	۴۶/۰۲	-۳/۱۲	۴۳/۶۹	-۸/۰۲	
۱۸	اترک	۱/۷۶	۱/۵۹	-۹/۶۶	۱/۴۳	-۱۸/۷۵		۴۴/۹۲	۴۱/۲۵	-۸/۱۷	۳۷/۲۵	-۱۷/۰۷	
۱۹	سبلان	۱/۷۶	۱/۴۸	-۱۵/۹۱	۱/۱۳	-۳۵/۸۰		۳۷/۲۵	۳۴/۸۳	-۶/۵۰	۳۲/۷۵	-۱۲/۰۸	
۲۰	عدل	۱/۷۵	۱/۵	-۱۴/۲۹	۱/۳۳	-۲۴/۰۰		۴۰/۰۸	۳۵/۷۸	-۱۰/۷۳	۳۱/۹۴	-۲۰/۳۱	
۲۱	کراس شاهی	۱/۷۴	۱/۵۹	-۹/۱۴	۱/۴۷	-۱۶/۰۰		۳۹/۲۵	۳۶/۶۷	-۶/۵۷	۳۴/۷۸	-۱۱/۳۹	
۲۲	شهریار	۱/۷۴	۱/۶	-۸/۰۵	۱/۴۲	-۱۸/۳۹		۴۷/۱۱	۴۰/۵۸	-۱۳/۸۶	۳۷/۱۲	-۲۱/۲۱	
۲۳	کراس فلات هامون	۱/۷۴	۱/۶۵	-۵/۱۷	۱/۴۴	-۱۷/۲۴		۴۱/۶۷	۳۷/۵۹	-۹/۷۹	۲۹/۳۳	-۲۹/۶۱	
۲۴	سایسون	۱/۷۳	۱/۳۱	-۲۴/۲۸	۱/۲۳	-۲۸/۹۰		۵۰/۴۲	۴۵/۶۷	-۹/۴۲	۳۶/۷۴	-۲۷/۱۳	
۲۵	آذر ۲	۱/۷۱	۱/۵۹	-۷/۰۲	۱/۴۴	-۱۵/۷۹		۳۸/۲۵	۳۵/۴۲	-۷/۴۰	۳۳/۱۷	-۱۳/۲۸	
۲۶	هامون	۱/۷	۱/۶۴	-۳/۵۳	۱/۰۴	-۳۸/۸۲		۴۶/۰۹	۴۱/۴۲	-۱۰/۱۳	۳۵/۸۳	-۲۲/۲۶	
۲۷	بیات	۱/۶۶	۱/۴۷	-۱۱/۴۵	۱/۳۱	-۲۱/۰۸		۴۳/۴۲	۴۰/۱۵	-۷/۵۳	۳۳/۲۷	-۲۳/۳۸	
۲۸	کرج۲	۱/۶۵	۱/۴۶	-۱۱/۵۲	۱/۳۶	-۱۷/۵۸		۴۶/۶۱	۴۱/۸۳	-۱۰/۲۶	۳۵/۰۰	-۲۴/۹۱	
۲۹	پیشتاز	۱/۶۲	۱/۴	-۱۳/۵۸	۱/۳۰	-۱۹/۷۵		۴۶/۹۷	۴۴/۹۲	-۴/۳۶	۴۳/۱۷	-۸/۰۹	
۳۰	بولانی	۱/۵۵	۱/۴۸	-۴/۵۲	۱/۲۱	-۲۱/۹۴		۳۷/۶۹	۳۴/۵۳	-۸/۳۸	۳۲/۱۷	-۱۴/۶۵	
۳۱	کرج۱	۱/۵۳	۱/۳۴	-۱۲/۴۲	۱/۱۵	-۲۴/۸۴		۴۱/۰۰	۴۰/۷۱	-۰/۷۱	۳۶/۴۲	-۱۱/۱۷	
۳۲	فرونتانا	۱/۵۳	۱/۴۲	-۷/۱۹	۱/۲۲	-۲۰/۲۶		۳۹/۶۷	۳۷/۰۸	-۶/۵۳	۳۵/۱۷	-۱۱/۳۴	
۳۳	Montana	۱/۴۸	۱/۲۶	-۱۴/۸۶	۱/۱۹	-۱۹/۵۹		۴۴/۴۲	۴۰/۴۲	-۹/۰۰	۳۶/۹۶	-۱۶/۷۹	
۳۴	شعله	۱/۴	۱/۲۳	-۱۲/۱۴	۱/۰۹	-۲۲/۱۴		۴۱/۸۰	۳۴/۳۴	-۱۷/۸۵	۳۰/۰۹	-۲۸/۰۱	
۳۵	دز	۱/۳۸	۱/۶۱	-۱۶/۶۷	۱/۳۸	۰/۰۰		۴۵/۰۸	۳۹/۰۰	-۱۳/۴۹	۳۵/۳۳	-۲۱/۶۳	
۳۶	کرج ۳	۱/۱۴	۱/۰۳	-۹/۶۵	۰/۹۱	-۲۰/۱۸		۴۰/۹۲	۳۷/۰۵	-۹/۴۶	۳۳/۲۵	-۱۸/۷۴	
	میانگین	۱/۷۹	۱/۵۹	-۱۰/۷۱	۱/۳۴	-۲۴/۷۰		۴۸/۰۷	۴۳/۷۸	-۸/۹۸	۳۸/۵۲	-۱۹/۵۸	

تعداد دانه در سنبله

اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله در بین ارقام ۲۷/۷۲ عدد بود. تعداد دانه در سنبله در ارقام مغان۱، مرودشت، آزادی، سیستان و دریا بیشترین و در ارقام آذر، بولانی، سبلان، شعله و آذر۲ کمترین بود (جدول۳). تفاوت تعداد دانه در سنبله ارقام مختلف می‌تواند منشاء هورمونی داشته باشد.

در این زمینه ,.Ashikari et al(2005) گزارش دادند در ارقام دارای تعداد دانه زیاد، آنزیم سیتوکنین اکسیداز که مسئول تجزیه سیتوکنین است، کمتر تولید می‌شود. در تحقیق حاضر ارقامی که دارای تعداد دانه بیشتری بودند، دارای عملکرد تک سنبله بیشتر نیزبودند.

Fisher (2008) نیز تفاوت معنی‌داری را در تعداد دانه در سنبله بین ارقام قدیمی و جدید گندم مشاهده

کرد و علت اصلی افزایش عملکرد در ارقام جدید گندم را افزایش تعداد دانه در واحد سطح بیان کرد. اثر شدت حذف برگ بر روی تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود(جدول۲). به احتمال زیاد اعمال تیمار کاهش منبع در مرحله شروع مرحله شکل‌گیری ظرفیت مخزن باعث کاهش تعداد سنبلک‌های بارور می‌شود.

که بـا نتـایـج (Madani et al., 2010) مشابهـت داشت ,.Madani et al(2010) گزارش کردند حذف برگ در مرحله گلدهی باعث کاهش ۱۱ درصدی تعداد دانه در سنبله شد. همچنین این محققان نتیجه گرفتند حذف برگ در مرحله گلدهی بیشتر از طریق کاهش تعداد دانه در سنبله باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود.

پاسخ ارقام به کاهش منبع از نظر تعداد دانه در سنبله متفاوت بود (جدول۲).تیمار PD در مقایسه با شاهد به طور متوسط باعث کاهش ۹ درصدی در تعداد دانه شد. این موضوع نشان دهنده اهمیت سایر برگ‌ها در اندازه مخزن در گیاه می‌باشد.ارقام با واکنش بیشتر به حذف برگ نسبت به ارقام با واکنش کمتر به حذف برگ،دارای تعداد مخزن کمتری در شرایط شاهد بودند. در پژوهش(Satorre & Slafer, 2000)گزارش شده است که ژنوتیپ‌هایی که از تعداد مخزن بیشتری برخوردار هستند به علت افزایش رقابت مخزن‌ها برای مواد فتوسنتزی، با محدودیت منبع بیشتری مواجه‌اند

در مقایسه تیمار FD با تیمار شاهد، ارقام فونگ، مغان۲، کراس فلات هامون، شعله و کاسگوژن بیشترین و ارقام فلات، پیشتاز، چناب، کرج۱ و فرونتانا کمترین درصد تغییرات را نشان دادند (جدول۳). تیمار PD در مقایسه با شاهد به طور متوسط باعث کاهش ۱۹ درصدی تعداد مخزن شد.کاهش تعداد دانه در سنبله در تیمارهای کاهش منبع در زمان گرده‌افشانی احتمالاً به علت سقط تعدادی از سنبلچه‌های بارور در این شرایط می‌باشد. به نظر می‌رسد در شرایط کاهش منبع و در نتیجه کمبود مواد فتوسنتزی، تعادل بین منبع و مخزن به هم خورده و باعث کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود. در تحقیق Fisher (2007) با تغییر عرضه مواد فتوسنتزی در گیاه گندم در فاصله ظهور سنبلهکه از طریق حذف برگ، سایه‌اندازی و تغییر شدت نور انجام شد، ایشان نتیجه‌گیری کرد که تعداد دانه در سنبله ارتباط بسیار نزدیکی با وزن خشک سنبله در طی مراحل ذکر شده داشت.

وزن هزار دانه

تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن هزار دانه بین ارقام قدیمی و جدید گندم وجود داشت (جدول۲). ارقام قدیمی دارای وزن هزار دانه بالاتری بودند. مقداروزن هزار دانه از در بین ارقام ۳۳/۷۸ تا ۵۹/۷۹ گرم متغیر بود (جدول۴).

برخی از ارقام به رغم داشتن عملکرد دانه بالا دارای وزن هزار دانه پایینی بودند. می‌توان علت این امر را محدودیت ظرفیت متابولیک مخزن در این ارقام دانست که در منابع دیگر نیز به آن اشاره شده است (Borras et al., 2004; Joudi et al., 2009). مشاهدات پژوهش حاضر، همسو با این حقیقت است که تعداد دانه نسبت به وزن دانه مؤلفه مهمتری در تعیین عملکرد می‌باشد و بر این اساس طی برنامه‌های اصلاحی صورت گرفته توسط اصلاحگران تعداد دانه در ارقام جدید افزایش یافته است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تیمارهای برگزدایی باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه شدند. متوسط کاهش وزن هزار دانه در تیمار FD۲۰ درصد و در تیمار PD۱۲درصد بود (جدول۴). این موضوع نشان دهنده این مطلب است که با کاهش سطح برگ، سهم مواد پرورده هر دانه برای رسیدن به حداکثر وزن خود کاهش می‌یابد. نتایج به دست آمده در این تحقیق مشابه تحقیقات ,.Alam et al (2008) بود.

این محققان بیان کردند حذف همه برگ‌ها در مرحله گلدهی در گندم باعث کاهش ۱۳/۲۷ درصدی در وزن صد دانه شد. اثر متقابل رقم وحذف برگ بر وزن هزار دانه معنی‌دار نگردید (جدول۲). به عبارت دیگر ارقام قدیم و جدید و نیز متعلق به اقلیم‌های مختلف مورد استفاده در این مطالعه از نظر این صفات رفتار مشابهی در واکنش به سطوح مختلف کاهش قدرت منبع از خود نشان دادند.

وزن ساقه

یکی از فرآیندهای جبرانی در شرایط کاهش قدرت منبع (کاهش سطح برگ) انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها است. برای یک رقم خاص در دو تیمار کاهش و عدم کاهش سطح برگ (کاهش قدرت منبع) تفاوت در

وزن ساقه اصلی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌تواند منعکس کننده میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از آن ساقه باشد. بنابراین در این بررسی با اندازه‌گیری وزن خشک ساقه اصلی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در تیمارهای مختلف حذف برگ و مقایسه آن با شاهد مربوطه، میزان انتقال مجدد تحریک شده ناشی از کاهش اندازه منبع (افزایش نیاز مخزن) برای مواد ذخیره‌ای موجود برآوردی گردید. ارقام از نظر وزن ساقه تفاوت معنی‌داری با هم نشان دادند (جدول۲). مقدار وزن ساقه از ۱/۴۱ تا ۰/۷۵ گرم در ارقام متغیر بود. میانگین وزن ساقه در پنج رقم برتر ۱/۲۹ گرم بود. همچنین میانگین وزن ساقه در پنج رقم پایین جدول ۰/۸۱ بود (جدول۴). تفاوت‌های ارقام از نظر وزن ساقه بیشتر به اختلاف ژنتیکی ارقام از نظر طول ساقه مربوط می‌شد و ارقام پابلند دارای بیشترین وزن ساقه و ارقام پاکوتاه کمترین وزن ساقه را داشتند. تیمارهای حذف برگ موجب کاهش معنی‌دار وزن ساقه در مقایسه با شاهد شدند (جدول۴). همانطور که ملاحظه می‌شود. هر چه شدت اعمال حذف برگ شدیدتر شده کاهش بیشتری در وزن ساقه در مرحله رسیدگی رخ داده است. به طوریکه شدیدترین تیمار FD بیشترین درصد کاهش را در مقایسه با شاهدنشان داده است. برعکس، تیمار PD که خفیف‌ترین شدت حذف برگ بود از نظر وزن ساقه کمترین اختلاف را با شاهد بدون حذف برگ داشت. این مطلب نشان می‌دهد که دانه‌های گندم به علت پتانسیل بالای آن در استفاده از مواد ذخیره‌ای در مواجهه با تغییرات منبع، درجه بالایی از هموستازی (عدم تغییر) در وزن خشک خود نشان می‌دهند. Noshin et al., (1996) نیزگزارش نمودندکه حذف برگ موجب افزایش انتقال مجدد کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی موجود درساقه می‌گردد. ارقام از نظر این صفت مورد بررسی واکنش متفاوتی به این تیمار نشان دادند. متوسط کاهش وزن ساقه در تیمار PD در مقایسه با تیمار شاهد ۹ درصد بود (جدول۴). از آنجایی که در تیمار PD، برگ پرچم در روی گیاه وجود دارد لذا تاثیر منفی کمتر تیمار برگزدایی جزئی بر وزن ساقه می‌تواند به علت تداوم تأمین فتوآسیمیلات‌ها توسط برگ پرچم و سایر اندام‌های فتوسنتزی با وجود حذف بقیه برگ‌ها بوده باشد، همچنین با بررسی سطح برگ پرچم ارقاممشخص شد ارقامی که دارای سطح برگ پرچم بزرگتری هستند، دارای فتوسنتز بیشتری بوده و کمتر از مواد ذخیره‌ای موجود در ساقه به عنوان سازوکار جبرانی استفاده کرده و در نتیجه وزن ساقه تغییرات منفی کمتری در این ارقام نشان داد. در مقایسه تیمار FD با شاهد،برگزدایی کامل به طور میانگین باعث کاهش ۱۹ درصدی وزن ساقه شد. این نتیجه نشان می‌دهد که با کاهش شدید تولید آسیمیلات ناشی از حذف برگ‌ها، برخی ارقام بعلت داشتن قدرت مخزن قوی‌تر توانسته‌اند سازوکارهای جبرانی از جمله انتقال مجدد مواد از ساقه را بیشتر تحریک کرده و کربوهیدرات بیشتری را به سمت دانه‌ها روانه سازند. البته این امر مستلزم آن است که پیش از اعمال تیمار برگزدایی، این ارقام مقادیر زیادی از کربوهیدرات‌های محلول را در ساقه ذخیره‌سازی کرده و کارآیی انتقال مجدد بالایی نیز دارا باشند.

دوام کلروفیل برگ پرچم

جدول۵ نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای رقم و برگ‌زدایی بر صفت دوام کلروفیل برگ پرچم طی مراحل گلدهی، دو و سه هفته بعد از گلدهی یا به عبارت دیگر دوام سطح برگ یا LAD[1] را نشان می‌دهد. شایان ذکر است درتیمار FD، این صفت قابل اندازه‌گیری نبود. همانطور که مشاهده می‌شود در هفته‌های دوم و سوم بعد از گلدهی بین ارقام از لحاظ دوام سطح برگ پرچم تفاوت معنی‌دار وجود داشت و ارقام دارای روند تجزیه کلروفیل متفاوتی بودند. ارقام دارای عملکرد بالا دارای دوام سطح سبز برگ پرچم بالایی بوده و دارای سازگاری بیشتری به شرایط کاهش منبع بودند. Gelang et al., (2000) گزارش کردند LAD دارای همبستگی بالائی با عملکرد دانه می‌باشد.

تیمار برگزدایی، بر پایداری کلروفیل برگ پرچم اثر مثبت داشت. شکل۱ روند تغییرات محتوی کلروفیل برگ پرچم در واکنش به کاهش منبع از طریق برگ‌زدایی را نشان می‌دهد. برگ زدایی باعث افزایش ۱۵ و ۱۷ درصدی محتوای کلروفیل برگ پرچم به

1. Leaf area duration

ترتیب در هفته دوم و سوم پس از اعمال تیمار شد. با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم تأثیر گذار بر سرعت پیری برگ و در نتیجه میزان کلروفیل آن، تعادل رابطه منبع- مخزن می‌باشد (Rajcan & Tollenaar, 1999) و با در نظر گرفتن غالبیت محدودیت مخزن در گندم (Borras et al., 2004; Fisher, 2008)، چنین به نظر می‌رسد که حذف یک‌سری منابع فتوسنتزی منجر به ایجاد تعادل بین منبع و مخزن شده که در نتیجه پیری برگ به تأخیر افتاده است. علاوه بر این وضعیت مطلوب نسبی آب برگ پرچم در گیاهان برگزدایی شده (Mohamadtaheri et al., 2010) نیز احتمالا بر پایداری محتوی کلروفیل آن‌ها تأثیر مثبت گذاشته است.

جدول۴- اثرتعدیل منبع بروزن هزار دانه و وزن ساقه ارقام گندم. حذف برگ در مرحله گلدهی انجام شد. در تیمار برگزدایی کامل، کل برگ‌ها و برگزدایی جزئی، کل برگها به جز برگ پرچم حذف شدند هر عدد میانگین ۱۰ بوته در هر کرت و سه تکرار است. لیست ارقام بر اساس عملکرد تک سنبله آنها از بیشترین به کمترین مرتب شده است.

ردیف	رقم	وزن هزار دانه (گرم)					وزن ساقه (گرم)			
		شاهد	برگزدایی جزئی(PD)		برگزدایی کامل(FD)		شاهد	برگزدایی جزئی(PD)		برگزدایی کامل(FD)
			میانگین	درصد تغیرات	میانگین	درصد تغییرات		میانگین	درصد تغیرات	میانگین	درصد تغییرات
۱	فونگ	۵۶/۲۰	۴۶/۷۷	-۱۶/۷۸	۴۲/۲۴	-۲۴/۸۴	۱/۱۵	۰/۹۹	-۱۳/۹۱	۰/۸۴	-۲۶/۹۶
۲	آزادی	۳۸/۸۸	۳۵/۷۸	-۷/۹۷	۳۰/۵۸	-۲۱/۳۵	۱/۲۹	۱/۱۷	-۹/۳۰	۱/۰۸	-۱۶/۲۸
۳	مغان ۱	۴۰/۸۵	۳۰/۸۹	-۲۴/۳۸	۲۹/۵۹	-۲۷/۵۶	۱/۱۶	۱/۱۳	-۲/۵۹	۰/۸۸	-۲۴/۱۴
۴	کاسکوژن	۵۷/۶۷	۵۲/۶۷	-۸/۶۷	۴۱/۵۸	-۲۷/۹۰	۱/۱۶	۱/۴۳	-۲۳/۲۸	۱/۰۵	-۹/۴۸
۵	مرودشت	۴۱/۷۴	۳۲/۳۷	-۲۲/۴۵	۲۹/۱۵	-۳۰/۱۶	۱/۲۹	۱/۱۳	-۱۲/۴۰	۰/۹۳	-۲۷/۹۱
۶	Stork	۵۰/۹۲	۴۶/۴۹	-۸/۷۰	۳۷/۷۷	-۲۵/۸۲	۱/۱۶	۱/۰۲	-۱۲/۰۷	۰/۹۳	-۱۹/۸۳
۷	کویر	۴۶/۲۶	۴۰/۸۵	-۱۱/۶۹	۳۶/۲۷	-۲۱/۶۰	۰/۹۷	۰/۸۹	-۸/۲۵	۰/۸۷	-۱۰/۳۰
۸	سیستان	۴۷/۲۴	۳۸/۲۹	-۱۸/۹۵	۳۶/۳۵	-۲۳/۰۵	۱/۱۵	۱/۰۹	-۵/۲۲	۰/۹۳	-۱۹/۱۳
۹	دریا	۴۴/۰۴	۳۸/۴۳	-۱۲/۷۴	۳۴/۵۳	-۲۱/۵۹	۱/۳۶	۱/۲۱	-۱۱/۰۳	۱/۱۲	-۱۷/۶۵
۱۰	چناب	۴۴/۱۷	۳۹/۷۶	-۹/۹۸	۳۹/۲۹	-۱۱/۰۵	۱/۰۷	۱/۰۳	-۳/۷۴	۰/۹۴	-۱۲/۱۵
۱۱	مغان۲	۵۰/۹۸	۴۱/۶۷	-۱۸/۲۶	۳۷/۰۱	-۲۷/۴۰	۱/۱۰	۱/۰۶	-۳/۶۴	۰/۹۰	-۱۸/۱۸
۱۲	بک کراس روشن بهاره	۵۶/۴۱	۴۹/۹۰	-۱۱/۵۴	۴۶/۰۲	-۱۸/۴۲	۱/۰۱	۰/۹۱	-۹/۹۰	۰/۷۹	-۲۱/۷۸
۱۳	مارون	۴۲/۷۹	۳۸/۵۹	-۹/۸۲	۳۴/۱۴	-۲۰/۲۲	۱/۲۱	۱/۰۷	-۱۱/۵۷	۱/۰۰	-۱۷/۳۶
۱۴	آذر	۶۱/۹۶	۵۸/۴۷	-۵/۶۳	۵۱/۴۳	-۱۶/۹۹	۱/۴۷	۱/۳۶	-۷/۴۸	۱/۲۹	-۱۲/۲۴
۱۵	آرتا	۴۷/۶۶	۴۴/۲۵	-۷/۱۵	۳۹/۹۰	-۱۶/۲۸	۱/۱۲	۰/۹۸	-۱۲/۵۰	۰/۹۰	-۱۹/۶۴
۱۶	هیرمند	۶۸/۴۶	۴۷/۷۱	-۳۰/۳۱	۴۲/۳۲	-۳۸/۱۸	۱/۲۰	۰/۹۷	-۱۹/۱۷	۰/۸۳	-۳۰/۸۳
۱۷	فلات	۴۶/۰۵	۴۳/۴۴	-۵/۶۷	۴۱/۴۳	-۱۰/۰۳	۱/۰۷	۰/۹۲	-۱۴/۰۲	۰/۸۷	-۱۸/۶۹
۱۸	اترک	۵۲/۰۶	۴۹/۰۰	-۵/۸۸	۴۵/۷۹	-۱۲/۰۴	۰/۸۱	۰/۷۵	-۷/۴۱	۰/۶۹	-۱۴/۸۱
۱۹	سبلان	۶۱/۰۸	۵۹/۵۳	-۲/۵۴	۵۴/۲۸	-۱۱/۱۳	۱/۰۹	۱/۰۲	-۶/۴۲	۰/۸۳	-۲۳/۸۵
۲۰	عدل	۵۸/۶۸	۵۵/۰۱	-۶/۲۵	۵۰/۱۸	-۱۴/۴۹	۱/۰۳	۰/۹۵	-۷/۷۷	۰/۷۹	-۲۳/۳۰
۲۱	کراس شاهی	۵۵/۳۷	۵۲/۷۴	-۴/۷۵	۴۹/۴۹	-۱۰/۶۲	۱/۳۷	۱/۳۵	-۱/۴۶	۱/۱۹	-۱۳/۱۴
۲۲	شهریار	۷۸/۵۹	۴۵/۸۶	-۴۱/۶۵	۴۰/۶۴	-۴۸/۲۹	۱/۰۱	۰/۸۹	-۱۱/۸۸	۰/۸۱	-۱۹/۸۰
۲۳	کراس فلات هامون	۶۷/۷۰	۵۸/۷۷	-۱۳/۱۹	۵۲/۹۰	-۲۱/۸۶	۰/۹۸	۰/۹۱	-۷/۱۴	۰/۷۷	-۲۱/۴۳
۲۴	سایسون	۵۱/۴۸	۴۲/۳۴	-۱۷/۷۵	۳۹/۱۰	-۲۴/۰۵	۰/۹۷	۰/۹۲	-۵/۱۵	۰/۸۷	-۱۰/۳۱
۲۵	آذر ۲	۵۹/۳۹	۵۵/۵۹	-۶/۴۰	۵۱/۴۰	-۱۳/۴۵	۰/۹۵	۰/۸۹	-۶/۳۲	۰/۸۶	-۹/۴۷
۲۶	هامون	۵۳/۳۰	۴۷/۵۰	-۱۰/۸۸	۴۲/۱۵	-۲۰/۹۲	۱/۰۹	۱/۰۴	-۴/۵۹	۰/۷۹	-۲۷/۵۲
۲۷	بیات	۵۷/۷۹	۳۷/۴۲	-۱۷/۹۴	۴۴/۱۹	-۲۳/۵۳	۱/۳۲	۱/۱۵	-۱۲/۸۸	۱/۰۷	-۱۸/۹۴
۲۸	کرج۲	۵۸/۰۶	۴۷/۰۷	-۱۸/۹۳	۴۰/۲۰	-۳۰/۷۶	۱/۲۹	۰/۸۸	-۳۱/۷۸	۰/۷۷	-۴۰/۳۱
۲۹	پیشتاز	۴۵/۶۷	۴۲/۴۰	-۷/۱۶	۴۱/۲۱	-۹/۷۷	۱/۰۵	۱/۰۱	-۳/۸۱	۰/۸۹	-۱۵/۲۴
۳۰	بولانی	۵۷/۸۹	۵۴/۹۸	-۵/۰۳	۵۱/۵۵	-۱۰/۹۵	۰/۸۳	۰/۷۷	-۷/۲۳	۰/۷۶	-۸/۴۳
۳۱	کرج۱	۵۳/۹۹	۴۹/۴۲	-۸/۴۶	۴۷/۸۷	-۱۱/۳۴	۱/۵۰	۱/۴۳	-۴/۶۷	۱/۳۰	-۱۳/۳۳
۳۲	فرونتانا	۵۵/۸۷	۵۳/۰۳	-۵/۰۸	۴۹/۶۲	-۱۱/۱۹	۱/۲۲	۱/۱۴	-۶/۵۶	۱/۱۱	-۹/۰۲
۳۳	Montana	۵۶/۱۰	۴۸/۷۴	-۱۳/۱۲	۴۴/۲۹	-۲۱/۰۵	۰/۸۷	۰/۷۷	-۱۱/۴۹	۰/۷۴	-۱۴/۹۴
۳۴	شعله	۶۱/۵۵	۵۴/۲۹	-۱۱/۸۰	۵۰/۷۱	-۱۷/۶۱	۱/۲۰	۱/۰۳	-۱۴/۱۷	۰/۹۴	-۲۱/۶۷
۳۵	دز	۵۳/۷۹	۴۹/۰۱	-۸/۸۹	۴۲/۷۰	-۲۰/۶۲	۰/۹۹	۰/۸۹	-۱۰/۱۰	۰/۷۵	-۲۴/۲۴
۳۶	کرج ۳	۵۹/۱۷	۵۶/۲۱	-۵/۰۰	۴۹/۳۲	-۱۶/۶۵	۰/۹۷	۰/۹۳	-۴/۱۲	۰/۸۳	-۱۴/۴۳
	میانگین	۵۳/۸۸	۴۷/۰۹	-۱۲/۲۶	۴۲/۷۰	-۲۰/۳۵	۱/۱۲	۱/۰۳	-۸/۲۹	۰/۹۱	-۱۸/۵۲

اثر متقابل رقم و حذف برگ در هفته سوم از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول۵). روند تجزیه کلروفیل برگ پرچم در ارقام مختلف در مراحل اندازه‌گیری متفاوت بود. در مرحله سه هفته بعد از گلدهی، میزان کلروفیل برگ پرچم در تیمارPD در کرج۲، عدل، سبلان، مغان۲ و دز بیشترین و در ارقام بیات، مونتانا، هیرمند، هامون و

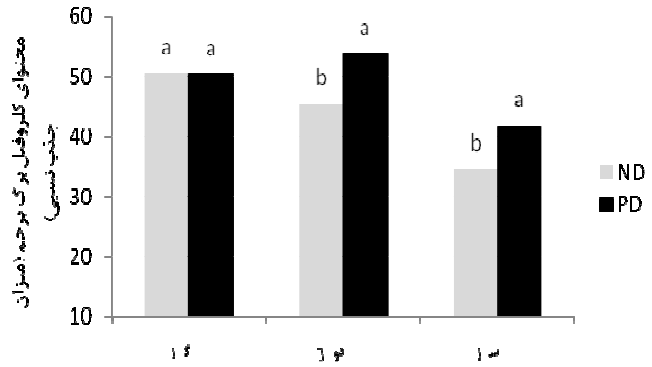
اترک کمترین تغییرات رانشان دادند. Guitman et al. (1991) نیز گزارش دادند، در گیاهان برگزدایی شده دوام سطح برگ پرچم بیشتر از گیاهان شاهد بود که علت آن را در این دانسته‌اند که بعضی از انواع قندها موجب تولید اتیلن در برگها و پیری آنها می‌شوند.

جدول۵- نتایج تجزیه واریانس بر صفت کلروفیل برگ پرچم طی مرحله گلدهی، دو و سه هفته بعد از گلدهی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		گلدهی	دو هفته بعد از گلدهی	سه هفته بعد از کلدهی
بلوک	۲	۹۰/۴۵^{ns}	۲۵۴/۸۳**	۱۵/۸۴^{ns}
رقم (A)	۳۵	۷۱/۳۶^{ns}	۱۹۱/۳۳**	۸۶/۹۷**
اشتباه آزمایشی ۱	۷۰	۳۰۵/۵۷	۶/۸۷	۱۵/۶۰
شدت حذف برگ (B)	۱	۳/۸۷^{ns}	۳۸۷۸/۵۸**	۲۸۵۲/۱۷**
اثر متقابل (A×B)	۳۵	^{ns}۲/۲۸	^{ns}۹/۷۹	**۲۱/۴۷
اشتباه آزمایشی کل	۷۲	۲/۳۴	۱۱/۲۶	۸/۲۷
ضریب تغییرات(٪)		۳/۰۳	۶/۷۶	۷/۵۳

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns عدم اختلاف معنی دار.

از نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که ارقام گندم دارای درجات متفاوتی از محدودیت منبع هستند. برخی ارقامی که واکنش کمتری به کاهش منبع نشان دادند احتمالا دارای محدودیت مخزن می‌باشند. همچنین منشاء بروز رفتار متفاوت ارقام به کاهش منبع را می‌توان به توانایی فیزیولوژیک متفاوت آنها برای جبران کاهش مواد پرورده در دسترس دانه‌ها نسبت دادکه از جمله مهمترین این توانایی‌ها می‌توانبه میزان تجمع و انتقال مجددکربوهیدرات‌های محلول در بخش‌های مختلف گیاه و نیز افزایش فتوسنتز منابع باقیمانده اشاره نمود.در این راستا با مطالعه نحوه واکنش ارقام حساس و مقاوم به تعدیل اندازه منبع و مقایسه آنها، زمینه برای درک بهتر جزئیات سازوکارهای جبرانی فراهم می‌گردد.



شکل۱- مقایسه میانگین کلروفیل برگ پرچم در مرحله گلدهی، دو و سه هفته بعد از گلدهی. (حذف برگ در دو مرحله گلدهی و و دو هفته بعد از گلدهی انجام گردید). ND و PD به ترتیب عبارتند از تیمار شاهد، حذف همه برگها به جزء برگ پرچم
ستون‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری (آزمون دانکن) تفاوت معنی‌داری ندارند.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۷۱۰۱۰۱۹/۶۱۱۸ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

REFERENCES

1. Ahmadi, A. & Judi, M. (2007). Effects of timing and defoliation intensity on growth yield and gas exchange rate of wheat grown under well-watered and drought conditions. *Pakistan Journal of Biology Science*, 10(21), 3794-3800.

2. Ahmadi, A., Joudi, M. & Janmohammady, M. (2009). Late defoliation and wheat yield: little evidence of post-anthesis source limitation. *Field Crops Research*,113, 90-93.
3. Alam, M. S., Rahman, A. H. M. M., Nesa, M. N., Khan, S. K. & Siddquie, N. A. (2008). Effect of Source and/or Sink Restriction on the grain yield in wheat. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(3), 258-261.
4. Ashikari, M., Sakakibara, H., Lin, S., Yamamoto, T., Takashi, T., Nishimura, A., Angeles, E.R., Qian, Q., Kiato, H. & Mastuoka. M. (2005). Cytokinin oxidase regulates rice grain production. *Science*, 309, 741-745.
5. Balkan, A., Genctan, T. & Bilgin, O. (2011). Effect of removal of some photosynthetic organs on yield components in durum wheat (*Triticum aestivum*L.) *Banglades Journal of Agricuture Research*, 36(1), 1-12.
6. Bijanzadeh, E. & Emam,Y. (2010). Effect of source- sink manipulation on yield components and photosynthetic characteristic of wheat cultivars (*Triticum aestivum* and *T. dueum L*.). *Journal of Applied Sciences* 10 (7), 564- 569.
7. Borras, L., Salfer, G. A. & Otegui, M. E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulation in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, 86, 131-146.
8. Cruze-Aguado, J. A., Reyes, F., Rodest, R., Perez, L. & Dorado, M. (1999). Effect of source to sink ratio on partitioning of dry matter and c-photoassimilates in wheat during grain filling. *Annals of botany*, 83, 655-665.
9. Dencic, S., Mladenov, N. & Kobiljski, B. (2011). Effects of genotype and environment on bread making quality inwheat. *International Journal of Plant Production*, 5, 71-82.
10. Esmaeilpour-Jahromi, M. (2007). *Response of two wheat cultivars to source size modification: interaction ofcultivars and plant density under water stress and non stress condition*. M. Sc. thesis. College ofAgriculture, University of Tehran, Karaj. (In Farsi)
11. Esmaeilpour-Jahromi, M., Ahmadi,A., Lunn,J. E., Abbasi. A., Poustini, K. & Joudi, M. (2012). Variation in grain weight among Iranian wheat cultivars: the importance of stem carbohydrate reserves in determining final grain weight under source limited conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 6(11), 1508-1515.
12. FAOSTAT. (2012). *Agricultural Data*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.Online at. http://faostat.fao.org/.
13. Fischer, R. A. (2007). Understanding the physiological basis for yield potential in wheat. *Journal of Agriculture Science*,145, 99-113.
14. Fisher, R . A. (2008). The importance of grain or kernel number in wheat:A reply to Sinclair and Jamieson. *Field Crops Research*, 105, 15-21.
15. Gelang, J., Pleijel, H., Sild, E., Danielsson, H., Younis, S. & Selldén G. (2000). Rate and duration of grain filling in relation to flag leaf senescence and grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum*) exposed to different concentrations of ozone. *Physiol Plant*, 110, 366-375.
16. Guitman, M. R., Arnozis,P. A. & Barneix, A. J.(1991). Effect of source- sink relations and nitrogen nutrition on senescence and N remobilization in the flag leaf of wheat. *Physiologia Plantarum*, 82, 278-284.
17. Joodi, M., A. Ahmadi, K. Poustini & F. Shrifzadeh. (2006). Effect of removal on photosynthetic activity of flag leaf and grain growth in bread wheat. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 2, 203-211.(In Farsi)
18. Joudi, M., Ahmadi, A., Mohammadi, V. A., Abbasi, A.R., Turkashvand, B., Bayat, Z. & Esmaeilpour-Jahromi, M. (2010).Evaluation of stem reserves accumulation andremobilization in Iranian wheat cultivars under irrigated and post-anthesis drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 2, 315-328. (In Farsi)
19. Khan, N. A., Khan, M., Ansari H. R. & Samiullah. H. (2002). Axine and defoliation effects on photosynthesisand ethylene evolution in mustard. *Scientia Horticulture*,96, 43-51.
20. Khodarahmi, M & Vazzan, S. (2010). Trends in morphological and quantitative traits in bread wheat usingintroduced varieties during the last six decades in Iran. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 6(1), 24-42. (In Farsi)
21. Lopes, M.S., Reynolds, M.P., Jalal-Kamali, M.R., Moussa, M., Feltaous,Y., Tahir, I.S.A.,Barma, N., Vargas, M., Mannes, Y. & Baum, M. (2012). The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. *Field Crops Research*, 128, 129–136.
22. Madani, A., Shirani-Rad, A., Pazoki, A., Nourmohammadi, G., Zarghami, R. & Mokhtassi- Bidgoli, A. (2010). The impact of source or sink limitations on yield formation of winter wheat (*Triticum aestivum L.*) due to post-anthesis water and nitrogen deficiencies. *Plant Soil Environ*, 56 (5), 218–227.

23. Maydup, M.L., Antonietta, M., Guiamet, J.J., Graciano, C., Lpez, J.R., & Tambussi, E.A. (2010). The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 119, 48-58.
24. Mohamadtaheri, M., Ahmadi,A. & Poustini, K. (2010). Response of modern and old wheat cultivars improved to fit moderate, cold and warm climates of Iran to source strength reduction. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 2, 271-280. (In Farsi)
25. Noshin, B., Hac,I. U. & Shap, P.(1996). Source reduction and comparative sink enhancement effects on remobilization of assimilates during seed filling of old and new wheat varieties. *Rachis*. 15(1-2), 20-23.
26. Rajcan, I & Tollenaar, M. (1999). Source:sink ratio senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. *Field Crop Research*. 60, 245-253.
27. Reynolds, M.P., Hobbs,P. R. & Broum. H. J. (2007). Challenges to international wheat improvement. *The Journal of Agricultural Science*, 145, 223-227.
28. Satorre, H. E., & Slafer, G. A. (2000). Wheat, Ecology and Physiology of Yield Determination. *Publishedby Food Product Press*. 503 pp.