

بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط دیم با استفاده از تجزیه همبستگی کانونی

سید محمد علوی سینی^{۱*}، جلال صبا^۲

۱. دانشجوی دکترای اصلاح نباتات دانشگاه زنجان؛ ۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۷/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۹/۱۰

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم انجام شد. ۲۰ ژنوتیپ (شامل ۱۸ لاین و دو رقم) در یک آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ تحت شرایط دیم مقایسه شدند. اندازه گیری صفات در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش ۱۶ صفت زراعی و ۱۰ صفت فیزیولوژیک بود. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه همبستگی متعارف می‌توان اظهار داشت که گزینش برای صفات زراعی ارتفاع کم، درصد ماده خشک برگ کم‌تر، درصد ماده خشک ساقه و سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیش‌تر منجر به گزینش صفات فیزیولوژیک برتر از قبیل شاخص محتوای کلروفیل، سطح برگ، محتوای نسبی آب و کارایی مصرف آب بالا و هدایت روزنه‌ای کمتر در شرایط دیم می‌شود.

واژه‌های کلیدی: درصد ماده خشک سنبله، عملکرد، محتوای نسبی آب، وزن هزار دانه، هدایت روزنه‌ای، گندم نان.

مقدمه

(Soltani, 1997). در برنامه‌های اصلاحی اهمیت قابل توجهی به همبستگی بین صفات داده شده است. کمی کردن و تفسیر ناقص این همبستگی‌ها می‌تواند منجر به اشتباهاتی در استراتژی‌های گزینشی شود (Cruz and Regazzi, 1997).

با توجه به اینکه مطالعه ضریب همبستگی ارتباط خطی بین دو صفت را نشان می‌دهد، بنابراین یک رویکرد بهتر نسبت به تجزیه همبستگی، برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش و نرمال، تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌باشد. تجزیه مولفه‌های اصلی متغیرهای جدیدی ایجاد می‌کند که تنوع گروهی از متغیرها را بیان می‌کنند (Johnson and Wichern, 2002). با توجه به یافته‌های نیکلاس و همکاران (Nicolas et al., 2005)، استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌تواند مشکل هم‌خطی چندگانه را که در برخی از تجزیه‌ها از جمله تجزیه رگرسیون بوجود می‌آید حل کند. علی‌رغم این حقیقت که این متغیرهای جدید می-

سطح زیر کشت گندم در سرتاسر جهان به بیش از ۲۱۶ میلیون هکتار می‌رسد و تقریباً بیش از یک پنجم انرژی غذایی مردم جهان را تامین می‌کند (FAO, 2012). گندم عمدتاً بصورت دیم کشت می‌شود و حدود ۳۵ درصد از سطح کشورهای در حال توسعه را نواحی نیمه‌خشک در برمی‌گیرد که رطوبت قابل دسترس یکی از محدودیت‌های اولیه برای تولید گندم می‌باشد و همچنین تغییرپذیری در این محیط‌ها علت نوسانات عمده سالیانه در عملکرد است (Rajaram, 2001). در بین تنش‌های غیرزیستی، خشکی خطری جدی برای تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان است (Araus et al., 2002; Ashraf and Harris, 2005). اگرچه روش‌های آماری گوناگونی برای مطالعه ارتباط بین صفات زراعی و فیزیولوژیک در شرایط مزرعه وجود دارد، ولی تقریباً به دلیل وجود هم‌راستایی چندگانه بین متغیرهای ثابت، از اغلب آن‌ها در مطالعات به صورتی نامناسب و نابجا استفاده می‌گردد (Rezaei and

این تجزیه همبستگی کانونی می‌تواند واکنش یک گروه از متغیرها را که در زمان‌های مختلف یک فصل جمع‌آوری شده‌اند کمی کند (Nicolas et al., 2005).

هدف از انجام این پژوهش تعیین ارتباط بین دو گروه متغیر شامل صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی در گندم نان تحت شرایط دیم با استفاده از روش تجزیه همبستگی‌های متعارف و همچنین تعیین سهم نسبی هر یک از متغیرها در این روابط بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۵-۸۴ در مرکز تحقیقات دیم زنجان واقع در شهرستان خدابنده (قیدار) واقع در طول جغرافیایی $49^{\circ} 48'$ ، عرض جغرافیایی $36^{\circ} 08'$ و ارتفاع ۱۸۷۵ متر از سطح دریا انجام شد. بافت خاک استفاده شده برای این آزمایش لومی رسی تا رسی سیلتی بود. یک قطعه زمین برای پیاده کردن آزمایش انتخاب شد و پس از شخم، دیسک و تسطیح، ۸۰ کرت ۵ مترمربعی در آن ایجاد گردید. سپس کود نیتروژنه به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بصورت سرک در دو نوبت به زمین داده شد. به علت بالا بودن میزان فسفر و پتاس از کودهای فسفر و پتاس استفاده نشد. اجرای آزمایش بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت. آزمایش مورد نظر دارای چهار تکرار بود و لاین‌های گندم (۱۸ لاین به اضافه دو رقم سرداری و آذر ۲ به عنوان شاهد) تیمارهای این آزمایش را تشکیل دادند. هر واحد آزمایشی شامل ۶ ردیف به طول ۵ متر و به فاصله ۱۷ سانتی‌متر از هم بوده و بذرها روی ردیف‌ها در عمق ۶ سانتی‌متری با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع کاشته شدند.

در این آزمایش ۱۶ صفت زراعی و ۱۰ صفت فیزیولوژیک به صورت زیر اندازه‌گیری گردید. در زمان گرده‌افشانی با برداشت یک متر از درون هر کرت با رعایت اثرات حاشیه، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید و نمونه‌های هر کرت به سه قسمت برگ، ساقه و سنبله تفکیک شد و در آون در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد بمدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و سپس وزن خشک هر نمونه اندازه‌گیری گردید و صفات درصد ماده خشک برگ، درصد ماده خشک ساقه و درصد ماده خشک سنبله محاسبه شد و صفات ارتفاع، طول سنبله، طول ریشک، طول پدانکل، وزن مخصوص پدانکل، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبله‌چه

توانند تنوع خاصی را توضیح دهند، این متغیرها همیشه به طور معنی‌داری با عملکرد ارتباط ندارند (Cox et al., 2003; Jiang and Thelen, 2004).

از آنجایی که همبستگی بالا می‌تواند نتیجه یک صفت سوم یا یک گروه از صفاتی باشد که این صفات را تحت تاثیر قرار می‌دهند، همبستگی کانونی می‌تواند این مشکل را برطرف نماید (Dunetman, 1984). این تکنیک همبستگی موجود بین دو مجموعه صفت را شناسایی و کمی می‌کند (Lorenzeti et al., 2006). تجزیه همبستگی کانونی یک تکنیک چند متغیره است که برخی از این محدودیت‌ها را می‌تواند برطرف کند. این تجزیه ارتباط بین دو گروه از متغیرها را از طریق برآورد همبستگی بین ترکیبات خطی یک گروه از متغیرها با ترکیبات خطی گروه دوم متغیرها برآورد می‌کند و این تجزیه می‌تواند به عنوان روشی به-حساب آید که روابط چندگانه را در تعداد کمی رابطه معنی‌دار گرد هم آورد (Johnson and Wichern, 2002). کوروبوف و رایلین (Korobov and Railyan, 1993) از تجزیه همبستگی کانونی برای یافتن ارتباط بین خصوصیات گندم و انعکاس باندهای طیفی مختلف که از راه دور کنترل می‌شود استفاده کردند. همچنین این روش برای آزمون ارتباط بین خصوصیات خاک و جمعیت علف‌های هرز استفاده شده است (Dieleman et al., 2000). داد و همکاران (Dod et al., 2002) از تجزیه همبستگی کانونی برای توسعه ارتباط بین خصوصیات خاک و جوامع گیاهان علفی و درختچه‌ای استفاده کردند. روش تجزیه همبستگی کانونی می‌تواند روابط پیچیده بین گروه بزرگی از متغیرها را توصیف کند با این وجود در تفسیر آن بایستی دقت شود. تجزیه همبستگی کانونی بیانگر روابط علی و معلولی نیست (Khattree and Naik, 2000)، اما اگر جفت متغیرهای کانونی ساختار فضائی مشترک داشته باشند این مورد دلیلی بر ارتباط فضایی بین این گروه از متغیرها است (Johnson and Wichern, 2002; Wu et al., 2002). جفت متغیرهای کانونی که در تجزیه همبستگی کانونی معنی‌دار شده‌اند بزرگ‌ترین همبستگی را با دو گروه متغیر بوجود می‌آورند. تجزیه همبستگی کانونی متغیرهای جدیدی از ترکیب خطی یک سری متغیر اصلی حاصل می‌کند و معیار مطلوب‌سازی این تجزیه به حداکثر رساندن ارتباط بین دو گروه متغیر می‌باشد، به‌جای این که مقدار تنوع توضیح داده شده توسط متغیرهای جدید را به حداکثر برساند. علاوه بر

برگها در اتاقک رشد (۱۲۰ دقیقه) بود (McCaig and Romogosa, 1991).

وزن مخصوص برگ پرچم (مترمربع/گرم) = (سطح برگ / وزن خشک) [۳]

برای تعیین وزن هزار دانه ۱۰ ساقه اصلی از هر کرت انتخاب و دانه‌ها پس از جدا شدن با ترازوی دقیق توزین شدند و وزن هزار دانه محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد نهایی دانه، باقیمانده خطوط کاشت در هر کرت با لحاظ نمودن اثر حاشیه در پایان آزمایش و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی برداشت شد و عملکرد اندازه‌گیری گردید. در نهایت تجزیه همبستگی‌های ساده و همبستگی کانونی بین صفات زراعی و فیزیولوژیک با استفاده از نرم افزار SAS (9.1) انجام شد.

نتایج و بحث

مقادیر ضریب همبستگی بین صفات زراعی و فیزیولوژیک در جدول ۱ آمده است. از بین ۱۶۰ ضریب همبستگی محاسبه شده ۳۴ ضریب همبستگی در سطح ۵ درصد و ۶۲ ضریب در سطح یک درصد معنی‌دار شدند که از مهمترین آنها می‌توان به همبستگی تعداد دانه در سنبله با سطح برگ (۰/۸۴)، وزن پدانکل و وزن مخصوص پدانکل با RWL (۰/۷۲) اشاره کرد. رینولدز و همکاران (Raynolds et al., 2005) گزارش کردند افزایش در بیوماس لاین‌های مورد آزمایش به خاطر افزایش معنی‌دار در کارایی مصرف اشعه بعد از گرده‌افشانی می‌باشد که این مورد هم به نوبه خود در نتیجه افزایش تعداد دانه در سنبله می‌باشد که تقاضا برای فتوسنتز در دوره پر شدن دانه را افزایش می‌دهد. طول میانگره، وزن میانگره و وزن مخصوص میانگره تحت شرایط خشکی کاهش می‌یابد. بر اساس مطالعه اهدایی و همکاران (Ehdaei et al., 2006) حرکت ذخایر کربن پدانکل در شرایط آبی نسبت به شرایط خشکی کم‌تر است (۹۳ میلی-گرم در مقابل ۱۱۰ میلی-گرم). اما این موضوع در مورد میانگره‌های دیگر صادق نیست. تخصیص متعادل طول ساقه به میانگره‌های بالایی و پائینی و حداکثر وزن مخصوص در تجمع و انتقال ذخایر ساقه در گندم اهمیت زیادی دارند (Ehdaei et al, 2006).

بارور در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، بیوماس، شاخص برداشت و عملکرد بعد از رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد. شاخص محتوای نسبی کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج قابل حمل CCM-۲۰۰ اندازه‌گیری شد و صفات سرعت فتوسنتز (A_n)، CO_2 زیر روزه ای (C_i)، تعرق، هدایت روزه‌ای (g_s) و کارایی مصرف آب فتوسنتزی (PWUE) همزمان با استفاده از دستگاه آنالیز مادون قرمز (IRGA) مدل LCA4 (شرکت ADC.UK) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرو مول فوتون انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در هر کرت بر روی سه برگ پرچم به طور تصادفی به مدت ۴۵ ثانیه انجام شد. کارایی مصرف آب فتوسنتزی از تقسیم فتوسنتز به هدایت روزه‌ای بدست آمد.

برای محاسبه صفات محتوای نسبی آب برگ، وزن مخصوص برگ پرچم، سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده شده تعداد ده برگ پرچم از هر کرت از دو ردیف وسطی با رعایت اثرات حاشیه انتخاب شد و این برگ‌ها در داخل کیسه‌های نایلونی در داخل کلمن یخ سریعاً به آزمایشگاه منتقل گردیدند. ابتدا وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به اتاقک رشد منتقل شدند و به مدت ۲ ساعت در رطوبت ۵۰ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و نمونه‌ها توزین شدند. بعد از این مرحله نمونه‌ها در داخل ظروف پتری حاوی آب مقطر در دمای اتاق و تاریکی مطلق قرار گرفتند و بعد از ۲۴ ساعت وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد. برای محاسبه سطح برگ نمونه‌ها از دستگاه سنجش سطح برگ استفاده شد. در نهایت نمونه‌های برگگی به آون با دمای ۷۰ درجه منتقل شدند و بعد از مدت ۲۴ ساعت وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Bajji et al., 2001). از فرمول‌های زیر برای محاسبه محتوای نسبی آب، سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده و وزن مخصوص برگ پرچم استفاده شد.

$$RWC = \frac{[وزن خشک - وزن آماس] / (وزن خشک - وزن تر)}{100} \quad [1]$$

(Bajji et al., 2001)

$$RWL = \frac{[W_0 - W_1] / (T_0 \times W_d)}{100} \quad [2]$$

(گرم آب بر کیلوگرم ماده خشک در دقیقه)

که در آن W_0 وزن اولیه، W_1 وزن بعد از قرار دادن برگ‌ها در اتاقک رشد، W_d وزن خشک برگ‌ها، T مدت قرار دادن

جدول ۱. تجزیه همبستگی ساده بین صفات زراعی و فیزیولوژیک ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم. جدول ۱. تجزیه همبستگی ساده بین صفات زراعی و فیزیولوژیک ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم.

Traits	RWL	RWC	PWUE	An	Ci	Transpiration rate	gs	Chlorophyll contents	SLDW	Leaf area
ارتفاع	-0.03	-0.22*	0.23*	-0.29*	-0.09	-0.11	-0.11	0.03	0.03	-0.13
طول سنبله	-0.08	-0.09	0.27*	-0.13	0.20*	0.01	0.25*	0.40**	-0.28*	0.21*
طول ریشک	0.51**	-0.27*	-0.04	0.15	0.35**	0.24*	0.25*	0.12	-0.27*	0.7
طول پدانکل	0.28*	-0.22*	-0.14	-0.02	-0.18	0.09	0.14	0.12	-0.25*	0.13
وزن پدانکل	0.72**	-0.30**	-0.01	0.23*	0.11	0.33**	0.08	0.14	-0.38**	0.61**
وزن مخصوص پدانکل	0.72**	-0.25*	0.07	0.31**	0.21*	0.37**	0.18	0.08	-0.33**	0.65**
تعداد سنبله در متر مربع	-0.70**	0.15	-0.01	-0.32**	-0.20*	-0.38**	-0.28*	-0.20*	0.32**	-0.54**
تعداد سنبله بارور	0.60**	-0.21*	0.02	0.26*	0.35**	0.30**	0.31**	0.23*	-0.43**	-0.71**
تعداد دانه در سنبله	0.64**	-0.34**	0.04	0.41**	0.19	0.43**	0.38**	0.17	-0.52**	0.82**
وزن هزار دانه	-0.36**	0.36**	0.02	-0.06	-0.40**	-0.04	0.19	-0.20*	0.62**	-0.67**
علاکرد	-0.02	-0.35**	-0.07	-0.06	-0.21*	-0.15	-0.05	0.30**	-0.10	0.01
بیوماس	0.66**	-0.29*	0.09	0.43**	0.05	-0.42**	0.29*	0.32**	-0.41**	0.77**
شاخص برداشت	0.06	0.42**	0.07	0.39**	-0.52**	0.45**	0.19	-0.56**	0.50**	-0.42**
درصد ماده خشک برگ	-0.16	-0.01	-0.15	-0.33**	0.39**	-0.38**	-0.02	0.42**	-0.54**	0.37**
درصد ماده خشک ساقه	-0.24*	0.57**	0.32**	0.01	-0.35**	-0.15	-0.33**	-0.12	0.24*	-0.44**
درصد ماده خشک سنبله	0.27*	-0.49**	-0.22*	0.13	0.15	0.28*	0.29*	-0.06	0.01	0.23*

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

* and ** significant in 0.05 and 0.01 level respectively.

عملکرد بالاتر گندم تحت این شرایط می تواند کمک کند، همچنین رابطه ارتفاع در متغیر کانونی صفات زراعی با دیگر صفات نشان می دهد که هر چه ارتفاع کم تر باشد وزن هزار دانه و عملکرد بالا می رود. این موضوع به خاطر اثر ژن هایی است که در کم تر شدن ارتفاع نقش دارند. این ژن ها باعث افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله ها و همچنین افزایش انتقال مجدد می شوند که در شرایط تنش خشکی صفات مهم در پر شدن دانه و عملکرد به حساب می آیند (Reynolds et al., 2005).

اولین متغیر کانونی صفات فیزیولوژیک نیز ۳۹ درصد از تنوع متغیرهای فیزیولوژیک را برآورد می کند (جدول ۳). بزرگ ترین همبستگی در این متغیر کانونی مربوط به محتوای کلروفیل است ($r = 0.88$). رابطه این متغیر کانونی با سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه ای منفی و با CO_2 زیرروزنه ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی، شدت تعرق، سطح برگ و محتوای کلروفیل و RWC مثبت است. این رابطه نشان می دهد در گیاهانی که هدایت روزنه ای کمتری دارند به خاطر بستن روزنه ها، CO_2 زیر روزنه ای بالا می رود و از هدر رفت آب جلوگیری شده و کارایی مصرف آب فتوسنتزی هم بالا می رود. ژو و همکاران (Xue et al., 2005) افزایش پیری برگ ها را دلیل کاهش فتوسنتز خالص و هدایت روزنه ای در اثر تنش آب در طول دوره پر شدن دانه گزارش کردند و همچنین کوک و همکاران (Koc et al., 2003) نیز همبستگی بالایی بین سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه ای پیدا کردند.

رابطه منفی بین هدایت روزنه ای و فتوسنتز برگ پرچم با عملکرد و وزن هزار دانه نشان دهنده این است که هر چه هدایت روزنه ای بیش تر باشد، فتوسنتز برگ پرچم هم زیادتر می شود. بدلیل باز بودن روزنه ها مقدار تلفات آب تحت شرایط دیم نیز بیش تر شده در نتیجه آب ذخیره شده در خاک تخلیه و هدر می رود. بنابراین گیاهانی که روزنه های خود را تحت شرایط تنش بسته نگه دارند با کاهش دادن تلفات آب، مقدار آب خود را در سطح بالاتری نگه می دارند که رابطه این صفت با RWC نشان دهنده این موضوع است. محتوای نسبی بالای آب باعث حفظ بافت های فتوسنتزی از جمله کلروفیل می شود که در نهایت کارایی مصرف آب فتوسنتزی بالا را در پی دارد (Jiang and Huang, 2001). در ارتباط با این که جفت متغیر کانونی اول بالاترین همبستگی را با هم دارند، می توان گفت

در نتیجه تجزیه همبستگی کانونی صفات زراعی و فیزیولوژیک، سه متغیر کانونی معنی دار شدند (جدول ۲). متغیرهای کانونی معنی دار صفات زراعی ۳۰ درصد از واریانس کل متغیرهای زراعی را توضیح می دهند. متغیرهای کانونی معنی دار صفات فیزیولوژیک ۵۵ درصد از واریانس صفات فیزیولوژیک را توضیح می دهند. بنابراین بخش اعظمی از واریانس کل در روابط صفات فیزیولوژیک- زراعی توضیح داده می شود. اولین جفت متغیر کانونی همبستگی ۰/۹۱ دارد، در حالی که دومین و سومین جفت متغیر کانونی به ترتیب همبستگی ۰/۸۴ و ۰/۷۴ را دارند. معنی دار بودن همبستگی کانونی در بین دو گروه متغیر نشان دهنده ارتباط بین صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی می باشد.

روابط بین متغیرهای کانونی و متغیرهای اصلی

ارتباط بین متغیرهای کانونی و متغیرهای اصلی با ضرایب همبستگی بین آن ها ارزیابی می شود که عموماً ضرائب ساختاری نامیده می شوند (Khattree and Naik, 2000; Johnson and Wichern, 2002). برای بررسی این ارتباط، همبستگی بین متغیرهای کانونی و متغیرهای اصلی در تجزیه همبستگی کانونی برای سه جفت متغیر کانونی اول ارزیابی شدند. این جفت متغیرها بزرگ ترین همبستگی را با متغیرهای زراعی و فیزیولوژیک فراهم کرده بودند.

اولین متغیر کانونی صفات زراعی ۱۳/۲ درصد از تنوع متغیرهای زراعی را توضیح می دهد (جدول ۴). بزرگ ترین همبستگی در متغیر کانونی اول مربوط به صفت درصد ماده خشک ساقه ($r = 0.87$) می باشد. اولین متغیر کانونی صفات زراعی با درصد اختصاص ماده خشک به برگ، ارتفاع و شاخص برداشت رابطه منفی و با بقیه صفات رابطه مثبت دارد. می توان گفت که عملکرد بالا ناشی از وزن هزار دانه، بیوماس، طول سنبله و درصد اختصاص ماده خشک به ساقه و سنبله بالاتر می باشد، یعنی هر چه مقدار ماده خشک اختصاص یافته به سنبله بیش تر باشد به خاطر کارایی بالای فتوسنتزی سنبله در شرایط تنش خشکی، وزن هزار دانه و عملکرد بالا می رود. همچنین درصد اختصاص ماده خشک به ساقه نیز هر چه بیش تر باشد احتمالاً به خاطر حرکت مجدد و انتقال مجدد در زمان پر شدن دانهها نقش ایفا می کند. اختصاص کمتر ماده خشک به برگ ها تحت شرایط دیم از طریق کاهش سطح تعرقی و جلوگیری از هدر رفت رطوبت قبل از گرده افشانی به

ژنوتیپ‌هایی که RWC، محتوای کلروفیل، شدت تعرق و خشک کم‌تر به برگ، طول سنبله، وزن هزار و عملکرد کارایی مصرف آب فتوسنتزی بالاتری داشته باشند با اختصاص دادن بیش‌تر ماده خشک به سنبله و ساقه و ماده

جدول ۲. همبستگی‌های کانونی و سطح احتمال معنی‌دار بودن آنها.

Table 2. Canonical correlations and their significant probability level.

متغیر کانونی	همبستگی کانونی	مربع همبستگی کانونی	مقادیر ویژه	درصد	درصد تجمعی	سطح احتمال
Canonical Variate	Canonical Correlation	Square of Canonical correlation	Special Value	Percentage	Accumulative Percentage	P Value
1	0.91	0.82	4.79	50.9	50.9	0.0001
2	0.82	0.67	2.02	21.4	72.3	0.0001
3	0.74	0.54	1.21	12.89	85.2	0.006

جدول ۳. همبستگی صفات فیزیولوژیک با سه متغیر کانونی معنی‌دار مربوطه.

Table 3. Correlation between physiological traits and three significant canonical variates.

Physiological traits	صفات فیزیولوژیک	متغیر کانونی Canonical variates		
		First اول	Second دوم	Thrid سوم
Leaf area	سطح برگ	0.53**	0.48**	0.02
SLDW	وزن مخصوص برگ پرچم	-0.18	-0.41**	0.19*
chlorophyll Contents	محتوای کلروفیل	0.88**	0.19*	-0.03
gs	هدایت روزنه ای	-0.30**	0.54**	0.14
Transpiration rate	سرعت تعرق	0.83**	0.38**	0.10
C _i	CO ₂ زیر اتاقک روزنه	0.74**	-0.07	0.31**
A _n	سرعت فتوسنتز	0.59**	0.42**	0.26*
PWUE	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	0.80**	-0.05	0.35**
RWC	محتوای نسبی آب	0.66**	0.37**	-0.04
RWL	سرعت از دست رفتن آب از برگ های بریده	0.13	0.20*	-0.20*
Variance of Canonical variates	واریانس متغیر کانونی	0.39	0.12	0.04

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and ** significant in 0.05 and 0.01 level respectively.

متغیر کانونی دوم صفات فیزیولوژیک ۱۳ درصد از تنوع متغیرهای فیزیولوژیک را برآورد نمود (جدول ۳). بزرگ-ترین همبستگی در متغیر کانونی دوم صفات فیزیولوژیک مربوط به صفت هدایت روزنه‌ای (r=۰/۵۴) بود. این متغیر با متغیرهای CO₂ زیر روزنه‌ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی و وزن مخصوص برگ پرچم رابطه منفی و با صفات دیگر همبستگی مثبت داشت.

متغیر کانونی دوم صفات زراعی، ۱۱ درصد از تنوع متغیرهای زراعی را توضیح داد (جدول ۴). این متغیر با متغیرهای زراعی درصد ماده خشک برگ و سنبله، ارتفاع، طول ریشک، طول پدانکل، وزن مخصوص پدانکل و بیوماس همبستگی مثبت و با بقیه صفات همبستگی منفی داشت (جدول ۴). بزرگ‌ترین همبستگی در متغیر کانونی دوم صفات زراعی مربوط به صفت وزن هزار دانه (r=۰/۶۸) می‌باشد.

جدول ۴. همبستگی صفات زراعی با سه متغیر کانونی معنی دار مربوطه

Table 4. Correlation between agronomical traits and three significant canonical variates.

Agronomical traits	صفات زراعی	متغیر کانونی Canonical variates		
		First اول	Second دوم	Thrid سوم
Height	ارتفاع	-0.51**	0.41**	0.16
Spike length	طول سنبله	0.33**	-0.20*	-0.05
Awn length	طول ریشک	0.01	0.28**	-0.13
Peduncle length	طول پدانکل	0.10	0.34**	-0.08
Peduncle Specific weight	وزن مخصوص پدانکل	-0.02	0.34**	-0.17
Number of Spike per meter	تعداد سنبله در متر مربع	0.12	-0.05	0.16
Number of fertile Spiklet per metre	تعداد سنبلچه بارور در سنبله	0.05	-0.20*	-0.20*
Number grain per Spike	تعداد دانه در سنبله	0.05	-0.12	0.09
Thousand grain weight	وزن هزار دانه	0.24*	-0.69**	0.07
Grain yield	عملکرد	0.51**	-0.37**	0.68**
Biomass	بیوماس	0.21*	0.45**	0.14
Harvest index	شاخص برداشت	-0.36**	-0.18	-0.19
Percentage of leaf dry matter	درصد ماده خشک برگ	-0.50**	0.36**	0.34**
Percentage of stem dry matter	درصد ماده خشک ساقه	0.87**	-0.03	-0.09
Percentage of spike dry matter	درصد ماده خشک سنبله	0.28*	0.30**	-0.03
Variance of Canonical variates	واریانس متغیر کانونی	0.13	0.11	0.05

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and ** significant in 0.05 and 0.01 level respectively

جدول ۵. همبستگی صفات فیزیولوژیک با سه متغیر کانونی معنی دار صفات زراعی

Table 5. Correlation between physiological traits and three significant canonical variates of agronomical traits.

Physiological traits	صفات فیزیولوژیک	متغیر کانونی Canonical variates		
		First اول	Second دوم	Thrid سوم
Leaf area	سطح برگ	0.48**	0.39**	0.02
SLDW	وزن مخصوص برگ پرچم	-0.16	-0.34**	0.14
Chlorophyll Contents	محتوای کلروفیل	0.80**	0.16	-0.02
gs	هدایت روزنه ای	-0.27**	0.44**	0.11
Transpiration rate	سرعت تعرق	0.75**	0.31**	0.08
C _i	CO ₂ زیر اتاقتک روزنه	0.68**	-0.06	0.23*
A _n	سرعت فتوسنتز	-0.55**	0.34**	0.20*
PWUE	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	0.73**	-0.04	0.26**
RWC	محتوای نسبی آب	0.60**	0.31**	-0.03
RWL	سرعت از دست رفتن آب از برگ های بریده	0.12	0.16	-0.16

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and ** significant in 0.05 and 0.01 level respectively

متغیر کانونی سوم صفات زراعی ۵/۵ درصد از تنوع متغیرهای زراعی را توضیح داد (جدول ۴). این متغیر با همه متغیرهای زراعی بجز درصد ماده خشک برگ، ارتفاع، وزن هزار دانه، بیوماس و عملکرد همبستگی منفی داشت (جدول ۴). بزرگ‌ترین همبستگی در متغیر کانونی سوم صفات زراعی مربوط به صفت عملکرد دانه ($r=0/68$) می‌باشد. متغیر کانونی سوم صفات فیزیولوژیک چهار درصد از تنوع متغیرهای فیزیولوژیک را برآورد نمود (جدول ۳). بزرگ‌ترین همبستگی در متغیر کانونی سوم صفات فیزیولوژیک مربوط به صفت کارایی مصرف آب فتوسنتزی ($r=0/35$) می‌باشد. این متغیر با صفات محتوای نسبی آب و سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده رابطه منفی و با صفات دیگر رابطه مثبت داشت ولی بالاترین همبستگی را با RWL، سرعت فتوسنتز، CO_2 زیر روزنه‌ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی داشت.

با توجه به متغیر کانونی دوم صفات فیزیولوژیک و زراعی مشخص می‌شود سطح برگ، هدایت روزنه ای، تعرق بالا و SLDW پائین در ارتباط با درصد ماده خشک برگ، ارتفاع و بیوماس بالاتر و وزن هزار دانه و عملکرد پائین تر است. همچنین مشخص می‌شود ژنوتیپ‌هایی که سطح برگ و تعرق بالاتری داشته باشند باعث افزایش ارتفاع، درصد ماده خشک برگ تا گرده افشانی و بیوماس می‌شوند. این صفات سطح تعرقی گیاه را افزایش داده و بخش اعظم آب ذخیره شده در خاک برای دوره پر شدن دانه مصرف می‌شود و گیاه به علت عدم وجود رطوبت کافی دچار تنش می‌شود که کاهش وزن هزار دانه و عملکرد را به دنبال دارد. اولین و دومین متغیر کانونی هر دو ارتباط منفی بین هدایت روزنه ای و فتوسنتز را با عملکرد نشان دادند؛ به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که هدایت روزنه‌ای پائین داشته یعنی روزنه‌های خود را تحت شرایط تنش بسته نگه دارند، علیرغم کاهش فتوسنتز، بدلیل جلوگیری از هدر رفت آب عملکرد بیشتری تولید می‌کنند و برای این شرایط مناسب می‌باشند.

جدول ۶. همبستگی صفات زراعی با سه متغیر کانونی معنی‌دار صفات فیزیولوژیک.

Table 6. Correlation between agronomical traits and three significant canonical variates of physiological traits

Agronomical traits	صفات زراعی	متغیر کانونی		
		First اول	Second دوم	Third سوم
Height	ارتفاع	-0.46**	0.33**	0.12
Spike length	طول سنبله	0.30**	-0.16	-0.04
Awn length	طول ریشک	0.01	0.23*	-0.09
Peduncle length	طول پدانکل	0.09	0.28**	-0.06
Peduncle Specific weight	وزن مخصوص پدانکل	-0.02	0.28**	-0.12
Number of Spike per meter	تعداد سنبله در متر مربع	0.11	-0.05	0.12
Number of fertile Spiklet per metre	تعداد سنبلچه بارور در	0.04	-0.016	-0.16
Number grain per Spike	تعداد دانه در سنبله	0.07	-0.10	-0.07
Thousand grain weight	وزن هزار دانه	0.22*	-0.56**	0.05
Grain yield	عملکرد	0.46**	-0.31**	0.51**
Biomass	بیوماس	0.19*	0.37**	0.11
Harvest index	شاخص برداشت	-0.32**	-0.15	-0.14
Percentage of leaf dry matter	درصد ماده خشک برگ	-0.46**	0.30**	0.25**
Percentage of stem dry matter	درصد ماده خشک ساقه	0.80**	-0.03	-0.07
Percentage of spike dry matter	درصد ماده خشک سنبله	0.25*	0.25*	-0.02

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and ** significant in 0.05 and 0.01 level respectively.

هدایت روزنه‌ای پائینی داشته باشند، عملکرد بالاتری تولید خواهند کرد.

جدول ۵ همچنین نشان می‌دهد که سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، شدت تعرق، سرعت فتوسنتز و محتوای نسبی آب برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار و وزن مخصوص برگ پرچم همبستگی منفی و معنی‌دار با دومین متغیر کانونی صفات زراعی دارد. جدول ۶ همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع، طول ریشک، طول پدانکل، وزن مخصوص پدانکل، شاخص برداشت، درصد اختصاص ماده خشک به برگ و سنبله و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین وزن هزار دانه و عملکرد با دومین متغیر کانونی صفات فیزیولوژیک نشان می‌دهد. همبستگی سومین متغیر کانونی صفات زراعی با صفات CO_2 زیر روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و کارایی مصرف آب فتوسنتزی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). همچنین همبستگی عملکرد و درصد اختصاص ماده خشک به برگ با سومین متغیر کانونی صفات فیزیولوژیک مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی‌های مشاهده شده نشان دهنده ارتباط قوی بین صفات مذکور می‌باشد. از همبستگی بین صفات فیزیولوژیک معنی‌دار و متغیر کانونی صفات زراعی و همچنین همبستگی بین صفات زراعی معنی‌دار و متغیر کانونی صفات فیزیولوژیک می‌توان با توجه به جداول ۳ و ۴ عنوان کرد که سطح برگ بالا، $SLDW$ پائین، هدایت روزنه‌ای، شدت تعرق، سرعت فتوسنتز و محتوای نسبی بالای آب افزایش ارتفاع، طول ریشک، طول پدانکل، بیوماس و اختصاص ماده خشک بیشتر به برگ و سنبله شده و کاهش وزن هزار دانه و عملکرد را در پی دارد. $SLDW$ پائین باعث کاهش بافت‌های فتوسنتزی در واحد سطح برگ می‌شود و سطح برگ، هدایت روزنه‌ای و شدت تعرق بالا نیز باعث افزایش هدر رفت آب شده و موجب کاهش وزن هزار دانه و عملکرد می‌شود هر چند این خصوصیات در ارتباط با افزایش طول ریشک و اختصاص ماده خشک بیشتر به سنبله نیز می‌باشد. به نظر می‌رسد در بعضی ژنوتیپ‌ها ممکن است پر شدن دانه‌ها بیش‌تر متکی به انتقال مجدد و ذخایر ساقه-ای باشد.

همبستگی معنی‌دار بین صفات زراعی و فیزیولوژیک با متغیرهای کانونی سوم مقابلشان نیز گویای این حقیقت است که افزایش سرعت فتوسنتز، CO_2 زیر روزنه‌ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی باعث اختصاص بیش‌تر مواد فتوسنتزی تا گرده‌افشانی به برگ شده و با کاهش تلفات

با توجه به اینکه عملکرد بیش‌ترین همبستگی را با متغیر کانونی سوم صفات زراعی دارد و همچنین با توجه به همبستگی‌های صفات فیزیولوژیک با سومین متغیر کانونی مربوطه می‌توان گفت که هر چه فتوسنتز و کارایی مصرف آب فتوسنتزی بیش‌تر باشد و RWL کمتر باشد عملکرد هم بالا می‌رود. نتایج تجزیه همبستگی کانونی در اکثر موارد تأیید کننده نتایج ماتریس همبستگی‌های ساده می‌باشد که این موضوع نیز مطابق با نتایج برخی محققین می‌باشد (Lorenzeti et al., 2006; Nicolas et al., 2005; Zeng, 2005). در برخی از موارد هم نتایج این تجزیه با نتایج همبستگی‌های ساده متفاوت بود که ناشی از اثرات سایر صفات در همبستگی‌های ساده می‌باشد.

روابط بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونی مقابلشان نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که سطح برگ، محتوای کلروفیل، شدت تعرق، CO_2 زیر روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و محتوای نسبی آب رابطه مثبت و معنی‌دار و صفات هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز رابطه منفی و معنی‌داری با متغیر کانونی اول صفات زراعی دارند. نتایج جدول ۶ نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد، بیوماس و درصد اختصاص ماده خشک به ساقه و سنبله و همبستگی منفی و معنی‌داری بین ارتفاع، شاخص برداشت و درصد ماده خشک به برگ با اولین متغیر کانونی صفات فیزیولوژیک نشان می‌دهد. آن چه که از این روابط و جداول ۳ و ۴ می‌توان استنباط نمود این است که سطح برگ، محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب، شدت تعرق، CO_2 زیر روزنه‌ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی با عملکرد، بیوماس، طول سنبله، درصد ماده خشک سنبله و ساقه همسو بوده ولی با ارتفاع و درصد ماده خشک برگ رابطه منفی دارند. در دوره پر شدن دانه، گیاه به خاطر سطح برگ بالا، محتوای کلروفیل بالا دارای فتوسنتز بیش‌تری بوده که وزن هزار دانه و عملکرد بالاتری تولید می‌کند. از طرف دیگر کاهش ارتفاع و اختصاص کمتر ماده خشک به برگ نیز می‌تواند باعث افزایش اختصاص ماده خشک به سنبله و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه و عملکرد گردد. همچنین در این ارتباط هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز همبستگی منفی و معنی‌داری با متغیر کانونی اول دارند که نشان دهنده اهمیت حفظ آب در شرایط دیم می‌باشد؛ یعنی اگر ژنوتیپ‌ها

همبستگی کانونی برای درک ارتباط بین صفات فیزیولوژیک و زراعی در گندم را نشان می‌دهد. همبستگی‌های ساده همیشه نمی‌توانند به اندازه کافی روابط علی و معلولی بین این صفات را منعکس کنند. در برنامه‌های اصلاحی ارتباط بین صفات بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد، مخصوصاً زمانی- که صفت مقابل مطلوب باشد، به خاطر این‌که تغییر در یک صفت باعث تغییر در صفات دیگر می‌شود. تجزیه همبستگی کانونی همان طور که ملاحظه شد به دلیل تجزیه همزمان چندین متغیر روشی موثر برای یافتن روابط صفات در مقیاس مزرعه‌ای می‌باشد. همچنین به‌جای این‌که فقط به عملکرد گیاه زراعی در انتهای فصل رشد توجه داشته باشیم این تجزیه ما را قادر می‌سازد تا وضعیت گیاه زراعی را که منجر به پاسخ عملکرد مشخصی می‌شود مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم بنابراین از این روش برای مطالعات مشابه در آینده می‌توان استفاده کرد.

تبخیری از خاک تا دوره گرده‌افشانی شده و موجب ذخیره آب برای دوره پر شدن دانه و افزایش سطح فتوسنتزی و همچنین افزایش تولیدات فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد می‌شود. نتایج لورنستی و همکاران (Lorenceti et al., 2006) نیز اهمیت تجزیه همبستگی کانونی برای درک ارتباط میان اجزاء اولیه و ثانویه عملکرد دانه را در یولاف جهت ارزیابی ساختارهای ژنتیکی نشان داده است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان عنوان کرد که گزینش از طریق صفات زراعی مطلوب از قبیل درصد ماده خشک ساقه و سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد که بیشترین همبستگی را با متغیر کانونی اول دارند، می‌تواند منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با صفات فیزیولوژیک برتر از قبیل، محتوای کلروفیل، RWC و کارایی مصرف آب فتوسنتزی در شرایط دیم شود. این نتایج اهمیت تجزیه

منابع

- Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., Royo, C., 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? *Annals of Botany*. 89, 925–940.
- Ashraf, M., Harris P.J.C., 2005. *Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches*. Haworth Press Inc., New York.
- Bajji, M., Lutts, S.J., Kinet, M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*. 160, 669–681.
- Cox, M.S., Gerard, P.D., Wardlaw, M.C. Abshire, M.J., 2003. Variability of selected soil properties and their relationship with soybean yield. *Soil Science Society of America Journal*. 67, 1296-1302.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., 1997. *Biometric Models Applied to Melhoramento Genético*. Vicoso, UFV. 390p.
- Dieleman, J.A., Mortensen, D.A., Buhler, D.D., Cambardella, C.A., Moorman, T.B., 2000. Identifying associations among site properties and weed species abundance: I. Multivariate analysis. *Weed Science*. 48, 567–575.
- Dodd, M.B., Lauenroth, W.K., Burke, I.C., Chapman, P.L., 2002. Associations between vegetation patterns and soil texture in the shortgrass steppe. *Plant Ecology*. 158, 127–137.
- Dunetman, G.H., 1984. *Introduction to Multivariate Analysis*. Sage Publication, Beverly Hills, USA. 237p.
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., Waines, J.G., 2006. Genotypic Variation for Stem Reserves and Mobilization in Wheat: II. Postanthesis changes in internode water soluble carbohydrates. *Crop Science*. 46, 2093-2103.
- FAO, 2012. *FAO Production Statistics*, 2012. Retrieved from <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- Jiang, P., Thelen, K.D., 2004. Effect of soil properties on crop yield in a North-Central corn-soybean cropping system. *Agronomy Journal*. 96, 252–258.

- Jiang, Y., Huang, B., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolim and lipid peroxidation. *Crop Science*. 41, 436-442.
- Johnson, R.A., Wichern, D.W., 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Khattree, R., Naik, D.N., 2000. *Multivariate Data Reduction and Discrimination with SAS Software*. SAS Institute, Cary, NC.
- Koc, M., Barutcular, C., Genc, I., 2003. photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in a mediteranean environment. *Crop Science*. 43, 2089-2098.
- Korobov, R.M., Railyan, V.Y., 1993. Canonical correlation relationships among spectral and phytometric variables for 20 winter-wheat fields. *Remote Sensing of Environment*. 43, 1-10.
- Kravchenko, A.N., Bullock, D.G., 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agronomy Journal*. 92, 75-83.
- Lorenceti, C., Felix de Carvalho, F.I., de Oliviera, A.C., Valerio, I.P., Hartwig, I., Benin, G., Schmidt, D.A.M., 2006. Applicability of phenotypic and path coefficient in the selection of oat genotypes. *Scientia Agricola*. 63 (1), 11-19.
- McCaig, T.N., Romogosa, I., 1991. Water status measurements of excised wheat leaves: position and age effects. *Crop Science*. 31, 1583-1588.
- Nicolas, F.M., Bollero, G., Bullock, D.G., 2005. Associations between field characteristics and soybean plant performance using canonical correlation analysis. *Plant and Soil*. 273, 39-55.
- Pahlavani, M.H., Ahmadi, A., Palooj, E., Jafari, A., 2009. Association between seed physical characteristics, germination and seedling growth using canonical correlation analysis. *Journal of Plant Production*. 16(2), 47-66. [In Persian with English Summary].
- Rajaram, S., 2001. Prospects and promise of wheat breeding in the 21st century. *Euphytica*. 119, 3-15.
- Reynolds, M.P., Pellegrineschi, A., Skovmand, B., 2005. Sink limitation to yield and biomass: A summary of some investigations in spring wheat. *Annals of Applied Biology*. 146, 39-49.
- Rezaei, A., Soltani, A., 1997. *An Introduction to Applied Regression Analysis*. Isfahan University of Technology Publication. 294p. [In Persian].
- Wu, J., Norvell, W.A., Hopkins, D.G., Welch, R.M., 2002. Spatial variability of grain cadmium and soil characteristics in a durum wheat field. *Soil Science Society of America Journal*. 66, 268-275.
- Xue, Q., Zhu, Z., Musick, T., Stewart, B.A., Dusek, D.A., 2005. Physiological mechanisms contributing to the increased water use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. *Journal of Plant Physiology*. 163, 154-164.
- Zeng, L., 2005. Exploration of relationships between physiological arameters and growth performance of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings under salinity stress using multivariate analysis. *Plant and Soil*. 268, 51-59.