

برآورد توانایی تنظیم اسمزی بر اساس پاسخ دانه های گرده به تنش خشکی در ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

Assessment of osmoregulation capability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using response of projected pollen grains to drought stress

کبری مقصودی^۱ و علی اکبر مقصودی مود^۲

چکیده

مقصودی، ک. و ع. ا. مقصودی مود. برآورد توانایی تنظیم اسمزی بر اساس پاسخ دانه های گرده به تنش خشکی در ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۱۱(۱): ۱-۵.

در یک آزمایش گلدانی سی و سه رقم گندم از لحاظ توانایی تنظیم اسمزی، با استفاده از نسبت مساحت تصویر دانه های گرده در شرایط تنش خشکی و بدون تنش مقایسه شدند. دانه های گرده بوته های رشد یافته در شرایط بدون تنش، در محلول های ۰، ۱ و ۲ درصد گلیکول قرار گرفته و پس از تصاویر میکروسکوپی دیجیتالی مساحت آنها با روش آنالیز تصویر اندازه گیری شد. در یک آزمایش مزرعه ای نیز عملکرد دانه این ارقام در قالب طرح کرت های خرد شده (تیمار بدون تنش و تنش خشکی در کرت های اصلی و ارقام گندم در کرت های فرعی) با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان بررسی شدند. بر اساس نتایج بدست آمده نسبت مساحت دانه های گرده قرار گرفته در محلول پلی اتیلن گلیکول ۱ درصد در صد، در ارقام دز، کویر، روشن، بک کراس روشن زمستانه، زرین، پشتاز، الوند و امید بیشتر از واحد بود. بنابراین این ارقام در گروه دارای توانایی تنظیم اسمزی قرار گرفتند. بقیه ارقام دارای نسبت کمتر از واحد بودند و در گروه فاقد توانایی تنظیم اسمزی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده های مربوط به عملکرد نشان داد که اثر خشکی و رقم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی دار بود و تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد. عملکرد دانه ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی ۱۰/۱۰ برابر بیشتر از گروه فاقد توانایی تنظیم اسمزی بود. نتایج به دست آمده از مقایسه ارقام از لحاظ توانایی تنظیم اسمزی با نتایجی که از مقایسه عملکرد دانه این ارقام در شرایط تنش خشکی در مزرعه به دست آمد همبستگی معنی داری ($r = 0.99^{**}$) داشت. بالاتر بودن عملکرد در گروه توانا در تنظیم اسمزی به زیاده تر بودن توانایی تنظیم اسمزی آنها نسبت داده شد. از این نتایج چنین نتیجه گیری می شود که ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی در مقایسه با ارقام فاقد توانایی تنظیم اسمزی، برای کشت در شرایط خشک ارجحیت دارند. بنابراین از این ارقام ۱۰ توان در برنامه های به نژادی برای افزایش توانایی تنظیم اسمزی ارقام سازگار به شرایط خشک استفاده نمود.

واژه های کلیدی: تنظیم اسمزی، دانه گرده، تنش خشکی، گندم نان، عملکرد دانه، اجزای عملکرد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

نتیجه گیری

تنش خشکی مهمترین عاملی است که در بیشتر مراحل رشد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک با ایجاد محدودیت در رشد، دستیابی به عملکرد بالا را دشوار می سازد. تنش خشکی، اب موجود در بافت ها و سلول های گیاهی به تدریج از دست رفته و در متابولیسم طبیعی بافت و سلول ها اختلال بوجود می آید و در نتیجه عملکرد به شدت کاهش می یابد (Kramer, 1969). یکی از روش های مفید خشکی، کشت ارقام مقاوم در مناطق خشک (Blum ; Richards, 1996; Whan *et al.*, 1993) (and Punel, 1990).

برای حفظ عملکرد و متابولیسم طبیعی در گیاهان زراعی و در نتیجه تولید محصول رضایت بخش، باید در سلول ها به مقدار کافی آب وجود داشته باشد (Liu *et al.*, 2005). مقدار آبی که اندام های گیاه در شرایط خشک از دست می دهند بستگی به چگونگی عکس العمل سلول های آنها به کاهش پتانسیل آب دارد. به هنگام بروز خشکی اگر سلول ها در حالت تورژسانس قرار داشته باشند، معمولاً عکس العملی که در برابر اتلاف آب از خود نشان می دهند تغییر در پتانسیل تورژسانس و پتانسیل اسمزی است. شرایط تعادلی جدیدی از لحاظ روابط آبی سلول برقرار گردد، پتانسیل تورژسانس و پتانسیل اسمزی هر دو (Morgan, 1992; Morgan and Condon, 1986). میزان تغییرات در حجم نسبی یا تغییر در مقدار آب موجود در سلول و در نتیجه تغییر در پتانسیل آب آن بستگی به میزان قابلیت ارتجاع دیواره سلول و همچنین پتانسیل اسمزی اولیه آن دارد. عمل دیگری که ممکن است در سلول های گیاهی بروز کند، جبران اختلاف حاصل در پتانسیل آب است که خود می تواند باعث از دست رفتن آب سلول گردد که این امر با کاهش پتانسیل اسمزی در اثر افزایش مواد محلول موجود در پروتوپلاسم بدست می آید

(Morgan, 1991, Morgan, 1992). این عکس العمل سلول ها می شود تورژسانس سلول به میزان کمتری تحت تاثیر خشکی ایجاد شده، قرار گیرد و در نتیجه اب سلول را حفظ کند، اصطلاحاً تنظیم اسمزی (Osmotic adjustment) نامیده می شود (Cushman, 2001; Verslues and Bray, 2004). در نتیجه تنظیم اسمزی تورژسانس سلول حفظ می شود. یکی از نتایج حفظ تورژسانس باز نکه داشتن روزنه ها و انجام تبادلات گازی گیاه است (Morgan, 1980). در نتیجه تنظیم اسمزی، پتانسیل اب داخل سلول ثابت می ماند. لازم به ذکر است که این عمل تا حد معینی از کاهش مقدار آب سلول گیاهی امکان پذیر است و پس از آن به تدریج در اثر کاهش پتانسیل تورژسانس حالت پلاسمولیز در سلول ایجاد می شود (Hellebust, 1976; Hsiao *et al.*, 1976).

فرایند تنظیم اسمزی به عنوان یک صفت برای به خشکی شناخته می شود (Richards, 2004) و اختلافات قابل ملاحظه ای در تنظیم اسمزی ارقام ارقام پتانسیل اسمزی گزارش شده است (Turner and Jones, 1980; Blum *et al.*, 1983). توانایی تنظیم اسمزی رابطه مثبت با عملکرد دانه دارد، طوری که عملکرد دانه ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی تحت شرایط تنش خشکی برابر بیشتر از ارقام فاقد توانایی تنظیم اسمزی می باشد (Morgan, 1988). بنابراین تنظیم اسمزی در برک پرچم و دانه گرده می تواند به عنوان یک شاخص در برنامه های به نژادی گندم برای افزایش به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (Delperee *et al.*, 2003; Maghsoudi Moud and Yamagishi, 2005). مورگان (Morgan, 1991) گزارش کرده است توانایی تنظیم اسمزی توسط یک ژن مغلوب کنترل می شود که روی کروموزوم شماره ۱ ژنوم A در گندم نان قرار دارد (Morgan, 1980).

ارقام توانا از نظر تنظیم اسمزی با

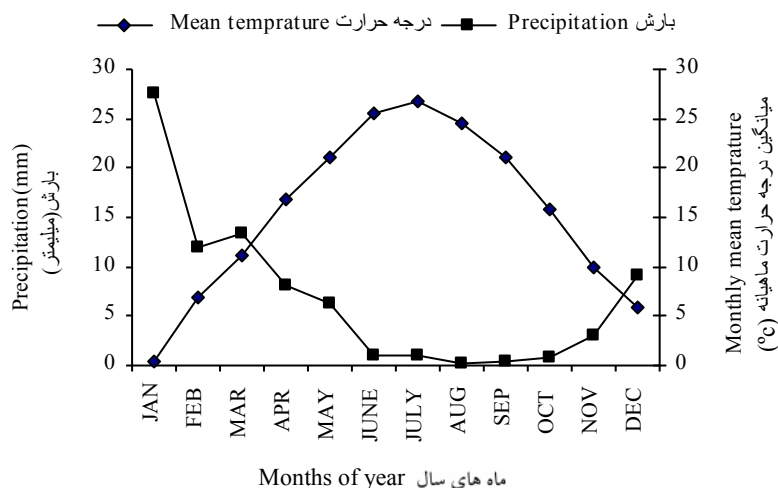
خشکی و شناسایی ارقام متحمل به خشکی با استفاده از این روش اجرا شد.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی توانایی تنظیم اسمزی در ارقام کندم (جدول ۱) (سایت شبکه اطلاع رسانی کندم ایران) آزمایشی در گلخانه انجام گرفت. هر گلدان ۱۰۰ کیلو گرم خاک لوم شنی ($EC = 4 \text{ ds/m}$) مخلوط با کود حیوانی پوسیده به نسبت ۱:۱۰۰۰. پس از آبیاری با محلول غذایی هوگلند تا حد ظرفیت مزرعه، در مرحله اول بذر کشت شد. بوته ها به ترتیبی آبیاری شدند که مقدار رطوبت خاک تا پایان دوره رشد در حد ظرفیت مزرعه حفظ شود تا بوته ها و دانه های گرده حاصل از آنها قبل از قرار گرفتن در معرض محلول پلی اتیلن گلیکول (PEG-6000) دچار تنش خشکی نشوند. نمونه برداری از دانه های گرده جهت تهیه تصویر از آنها مطابق روش مورگان (Morgan, 1999) انجام شد. در مرحله گرده افشانی پس از آمادگی بساک ها برای گرده افشانی از هر سنبلچه یک گلچه جدا و با دقت یک کیسه بساک از داخل آن خارج و به دو نیم تقسیم و هر نیم روی یک لام جداگانه قرار گرفت. لایه روی یک نیمه محلول پلی اتیلن گلیکول (۱۰۰۰) در صد وزنی (معادل $MPa -1$) به عنوان شاهد و ۱۰۰۰۰ دیگر محلول در صد وزنی (معادل $MPa -1$) به عنوان تنش خشکی اضافه (Morgan, 1999). محلول ۱۰۰۰۰ مول کلرید پتاسیم (KCl) به عنوان پایه در تهیه محلول های ۱۰۰ و ۱۰۰۰ درصد پلی اتیلن گلیکول مورد استفاده قرار گرفت (Morgan, 1992; Morgan, 1999). پس از آزاد شدن دانه های گرده در محلول باقیمانده بساک خارج شد. بر روی هر لام یک لامل قرار گرفت. تهیه اسلاید در زیر میکروسکوپ انجام شد تا از وجود دانه های گرده فراوان اطمینان حاصل شود. پس از ۱۰ ساعت در اثر خروج مقداری از محلول پلی اتیلن گلیکول به بیرون از لامل و خشک شدن تدریجی، لامل بر روی لام ثابت شد.

اندازه گیری مقدار پتانسیل آب، پتانسیل اسمزی و محتوی نسبی آب برگها امکان پذیر است (Morgan, 1999) اما این روش پرهزینه و مستلزم صرف وقت و دقت زیاد می باشد، زیرا اندازه گیری بایستی روی تعداد زیادی نمونه در یک دوره زمانی با پیشرفت تدریجی تنش آب انجام شود. روش های دیگری نظیر بررسی عکس العمل رشد کلئوپتیل در برابر تنش خشکی (Morgan, 1988)، اندازه گیری غلظت یون Ca^{2+} (Morgan, 1992) و بررسی خصوصیات خمیر حاصل از ارد به دست آمده از دانه (Morgan and Tan, 1996) نیز برای تعیین توانایی تنظیم اسمزی پیشنهاد شده اند. یک روش دیگر تشخیص توانایی تنظیم اسمزی و تمایز ژنوتیپ های هموزیگوت از هتروزیگوت بررسی تغییرات مساحت تصویر دانه های گرده در شرایط تنش خشکی می باشد (Morgan, 1991). چون یک نسخه از DNA موجود در بوته مادری در هر سلول دانه گرده وجود دارد، بنابراین به نظر می رسد که هر گاه دانه های گرده در معرض محلول تنش زایی نظیر پلی اتیلن گلیکول قرار گیرند، ژن های مربوطه بیان گردیده و صفات مربوط به آنها بروز کند (Morgan, 1999; Morgan, 1991). بنابراین می توان از دانه گرده برای تشخیص توانایی تنظیم اسمزی در بوته استفاده کرد (Morgan, 1999). با توجه به این که در هنگام بروز تنظیم اسمزی، یون پتاسیم بخش اصلی مواد محلولی است که در سلول تجمع پیدا می کنند (Leigh, 2001; Marchner, 1995)، لازم است که در محلول تنش زا به مقدار کافی یون پتاسیم وجود داشته باشد.

کنون در مورد مکانیزم های تنش خشکی در مجموعه ارقام کندم توصیه شده برای کشت در مناطق خشک ایران یا کشت به صورت دیم گزارشی منتشر نشده است. این با هدف گروه بندی ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی و فاقد توانایی تنظیم اسمزی و مقایسه عملکرد آنها در مزرعه در شرایط تنش



شکل ۱- بارندگی و دما (سانتی گراد) در ماه های مختلف سال در کرمان (هواشناسی کشور).

Fig 1. Monthly mean of precipitation (mm) and temperature ($^{\circ}\text{C}$) of Kerman over the last 50 years (<http://weather.ir>)

واحد بیشتر خواهد شد. اما در ارقام فاقد توانایی تنظیم اسمزی، به دلیل عدم بیان ژن or، دانه های گرده در محلول تنش زا چروکیده می شوند (شکل c و d) و نسبت مساحت تصویر دانه های گرده تیمار شده (PEG 50%) بر مساحت تصویر دانه های گرده شاهد (PEG 30%) کمتر از واحد می شود (Morgan, 1999). این نتایج نشان می دهد که می توان گروه اول ارقام جدول ۱ که نسبت مساحت تصویر دانه گرده آنها از واحد بیشتر می باشد را توانا در تنظیم اسمزی و گروه دوم، که این نسبت برای آنها کمتر از واحد است را غیر توانا در تنظیم اسمزی تقسیم بندی نمود. گروه اول ارقام ۱۱ کویر، روشن، بک کراس روشن زمستانه، زرین، پشتاز، الوند و امید در گروه دارای توانایی تنظیم اسمزی و بقیه ارقام در گروه فاقد توانایی تنظیم اسمزی قرار گرفتند (جدول ۱). در همین زمینه مورگان (Morgan, 1999) سه رقم والد سانکو (Sunco) و هارتوگ (Hartog) که از لحاظ توانایی تنظیم اسمزی در برگ پرچم متفاوت بودند و در آزمایش های مزرعه ای تفاوت هایی را از نظر توانایی تنظیم اسمزی نشان داده بودند، اعلام کرد که اندازه دانه های گرده

عبارت از تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت بودند. داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه واریانس و همبستگی قرار گرفتند.

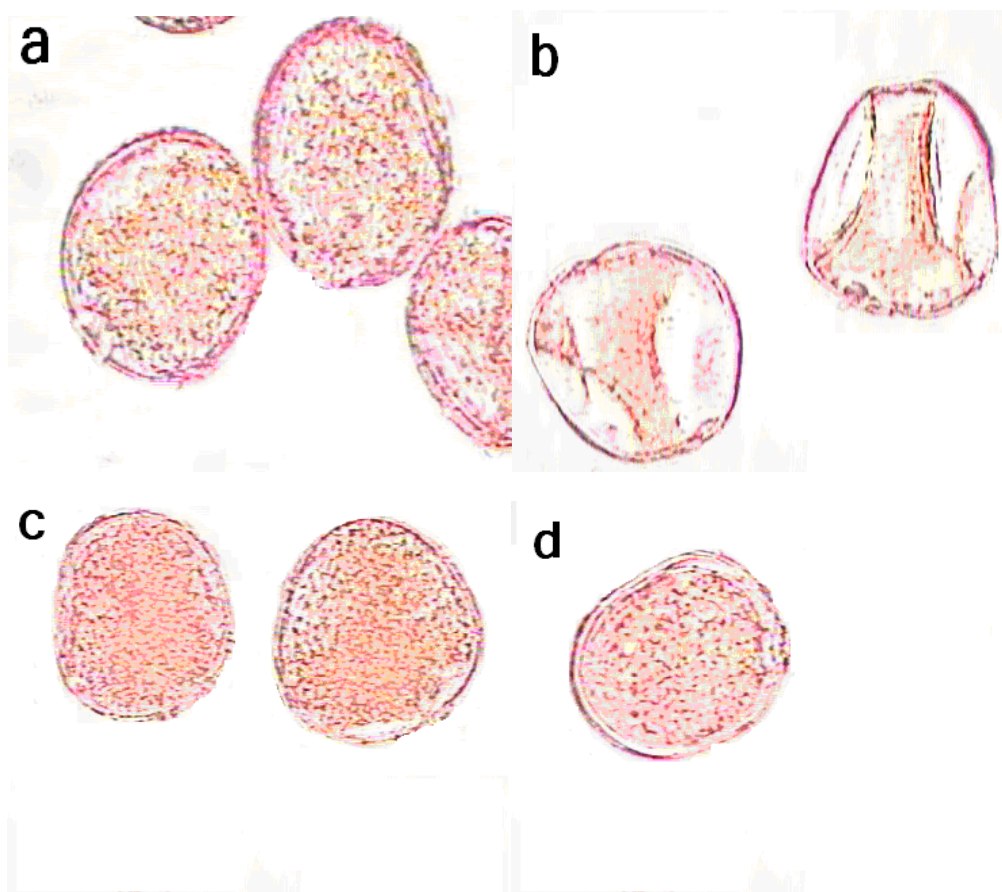
نتیجه و بحث

مساحت تصویر دانه های گرده ژنوتیپ های مختلف در محلول پلی اتیلن گلیکول ۱٪ و ۵٪ در صد و نسبت ارقام ۱۱ ها در محلول ۱٪ و ۵٪ در جدول ۱ نشان داده شده اند. همان طور که این جدول نشان می دهد، نسبت مساحت تصویر دانه های گرده در ارقام دز، کویر، روشن، بک کراس روشن زمستانه، زرین، پشتاز، الوند و امید بیشتر از واحد و در بقیه ارقام کمتر از واحد ۱۱ است. در ژنوتیپ های دارای توانایی تنظیم اسمزی، به دلیل اینکه تنظیم اسمزی به طور کامل انجام می شود، انتظار می رود که دانه های گرده در شرایط تنش خشکی به حالت متورم باقی مانده و شکل معمول خود را حفظ کنند (شکل a و b). در این حالت نسبت مساحت تصویر دانه های گرده تیمار شده با PEG 50% ارقام ۱۱ و ۱۱ دانه های گرده شاهد (PEG 30%) از

جدول ۱- مساحت تصویر دانه گرده، عملکرد دانه و شاخص برداشت ارقام گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی.

Table 2. Projected pollen area, grain yield and harvest index of bread wheat cultivars grown under non-stress and drought stress.

Cultivar	رقم	مساحت دانه گرده Projected pollen grain area		مساحت دانه گرده Pollen grain area ratio (50:30)%	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Grain yield (g/m ²)		شاخص برداشت Harvest Index	
		PEG 30%	PEG 50%		بدون تنش No-stress	تنش خشکی Drought stress	بدون تنش No-stress	تنش خشکی Drought stress
Capable for osmoregulation دارای توانایی تنظیم اسمزی								
Alvand	الوند	1.04	1.74	1.68	661.88	322.54	38.42	16.91
Pishtaz	پیش‌تاز	1.04	1.76	1.70	650.54	230.48	29.89	15.00
Dez	دز	1.11	1.94	1.74	420.44	264.60	24.87	19.16
Kavir	کویر	1.06	1.48	1.39	468.94	210.94	27.26	18.25
B.C. Roshan (winter type)	زمستانه روشن بک کراس	1.27	1.54	1.21	651.38	294.38	27.14	19.72
Roshan	روانا	1.03	1.86	1.80	676.82	333.82	31.82	15.72
Zarrin	زرین	1.03	1.80	1.74	651.64	229.12	36.04	23.40
Omid	امید	1.04	1.71	1.65	515.32	217.16	36.4	20.96
Incapable for osmoregulation فاقد توانایی تنظیم اسمزی								
Azar 2	آذر ۲	1.04	1.01	0.98	843.70	159.58	33.77	15.47
Atrak	اتراک	1.82	1.79	0.82	595.96	196.46	37.03	25.38
Alamot	الموت	1.73	1.61	0.92	387.3	122.3	35.21	14.53
B.C. Roshan (spring type)	بک کراس روشن بهاره	1.73	1.58	0.92	407.6	187.46	41.58	28.51
Tajan	تاجان	1.81	1.67	0.97	478.5	98.46	32.9	36.83
Chamran	چمران	1.62	1.49	0.92	415.54	183.2	34.49	22.28
Khazar	خزر	1.52	1.38	0.91	544.92	176.02	28.13	13.55
Darab 2	داراب ۲	1.84	1.73	0.94	501.28	132.16	32.66	24.50
Rasoul	رسول	1.84	1.65	0.89	462.86	164.19	36.17	20.79
Sissons	سایسون	1.53	1.49	0.97	530.82	138.52	39.26	20.94
Sardari	سرداری	1.71	1.54	0.89	336.54	158.28	33.51	16.72
Shahryar	شهریار	1.72	1.55	0.90	428.18	175.00	31.59	10.73
Shiroudi	شیرودی	1.80	1.47	0.82	536.88	131.24	17.28	17.34
Falat	فلات	1.75	1.74	0.99	561.24	156.64	36.44	25.39
Marvdasht	مرودشت	1.67	1.38	0.82	564.32	129.46	31.89	19.24
Mahdavi	مهدوی	1.55	1.29	0.83	534.00	176.64	35.99	21.79
Navid	ناید	1.58	1.48	0.94	615.54	59.88	34.83	20.97
Niknejad	نیک‌نژاد	1.63	1.55	0.95	390.24	159.76	40.95	15.06
Hirmand	هیرمند	1.78	1.75	0.99	488.26	196.00	39.028	15.89
Tous	توس	1.58	1.40	0.88	458.74	134.98	33.66	23.53
Ghods	قدس	1.50	1.41	0.94	445.78	184.94	28.066	27.87
Gascogne	گاسکوئن	1.72	1.57	0.91	430.08	97.84	31.52	25.21
Hamoon	هامون	1.79	1.61	0.90	430.14	167.1	48.55	21.62
Gaspard	گاسپارد	1.57	1.41	0.89	286.64	110.94	30.70	22.95
Shiraz	شیراز	1.46	1.28	0.87	230.35	139.24	39.94	17.11



شکل ۲- عکس العمل دانه های کرده رقم فاقد توانایی تنظیم اسمزی توس (a: در محلول ۳۰٪ اتیلن گلیکول و b: محلول ۵۰٪ اتیلن گلیکول) و رقم دارای توانایی تنظیم اسمزی زرین (c: در محلول ۳۰٪ اتیلن گلیکول و d: محلول ۵۰٪ اتیلن گلیکول) با بزرگ نمای عدسی چشمی (10X) و شیئی (40X).

Fig 2. Responses of pollen grain of Tous as an incapable cultivar for osmoregulation under 30% (a) and 50% (b) and Zarrin as a capable cultivar under 30% (c) and 50% (d) PEG solutions (ocular 10X, objective 40X).

بیولوژیک شد. گونتا و همکاران (Guinta *et al.*, 1993) و زارع و قدسی (Zarea and Ghodsi, 2004) و پلات و همکاران (Plaut *et al.*, 2004) دریافتند که کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی به علت کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله است. اگر چه عملکرد دانه ارقام تجن، کاسکوژن، هامون، رسول و داراب در شرایط آبیاری تقریباً برابر با عملکرد دانه ارقام دز و کویر بود (جدول ۱) اما در شرایط خشکی عملکرد دانه آنها افت بیشتری نسبت به عملکرد دانه ارقام دز و کویر داشت و این نشان

رقم هارتوگ که توانایی تنظیم اسمزی بالایی دارد، در اثر افزایش NaCl و KCl اتیلن گلیکول از ۳۰٪ به ۵۰٪، در حضور کلرید پتاسیم (KCl) افزایش یافت. از طرف دیگر تجزیه واریانس داده های مربوط به عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش خشکی و بدون تنش در شرایط مزرعه نشان داد که اثر خشکی و رقم بر صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد mm^2 در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه)، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه و عملکرد

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام گندم نان در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی.

Table 3- Analysis of variance for grain yield and its components and harvest index (HI) in wheat cultivars under non-stress and stress conditions.

S.O.V.	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات (MS)					شاخص برداشت HI
			تعداد دانه در متر مربع Spike/ m ²	تعداد دانه در Grain per spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
Replication (R)	تکرار	2	239459.90**	243.55 ^{ns}	36.66**	3729.03*	467893.25**	0.001**
Irrigation (I)	خشکی	1	239459.90**	4415.67**	7167.17**	1468855.35**	5689757.53**	.089*
Ea	خطای الف	2	9644.53	0.641	6.65	3034.76	67501.48	0.003
Cultivar (C)	رقم	32	8366.46**	657.81**	75.50**	9651.16**	73635.79*	0.01**
I × C	خشکی * رقم	2	10650.08**	45.03**	34.14**	4573.17**	86953.48**	0.007 ^{ns}
E b	خطای ب	128	4817.68	49.57	7.59	5161.86	45976.07	0.008

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: Non-significant.

* و ** معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns: غیر معنی دار

می دهد که ارقام مذکور به دلیل عدم توانایی در تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی به شدت افت عملکرد دانه داشتند.

بطور کلی مقایسه عملکرد ارقام مورد آزمایش در شرایط مزرعه نشان داد که در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه ارقام گروه دارای توانایی تنظیم اسمزی $\square\square/\square\square$ برابر بیشتر از گروه فاقد توانایی تنظیم اسمزی $\square\square\square\square$ (جدول ۲). در همین زمینه لودلو و همکاران (Ludlow et al., 1983) اعلام کردند که در شرایط کمبود آب خاک، انتخاب لاین های $\square$ از سورگوم با توانایی تنظیم اسمزی بالا باعث عملکرد دانه و وزن خشک بیشتر $\square\square$ و این ارتباط در تنش های خشکی $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$.

معیار شاخص توانایی تنظیم اسمزی، یعنی مساحت دانه های گرده در شرایط خشک با عملکرد و با شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۲). عملکرد دانه $\square\square\square\square$ در ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی ناشی از زیاده تر بودن شاخص برداشت بود (Morgan and Condon, 1986). شاخص برداشت بالاتر ناشی از تعداد دانه در $\square\square\square\square\square\square\square\square$ و وزن هزار دانه $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$ (Pierce and Raschke, 1980; Morgan, 1980). نتایج بدست آمده در این آزمایش نیز حاکی از افزایش تعداد دانه ها و وزن هزار دانه آنها در شرایط خشک در گروه دارای توانایی تنظیم اسمزی $\square\square\square\square$ در واقع علت کاهش تشکیل دانه در شرایط $\square\square\square\square$ خشک افزایش تولید اسید آبسیسیک است (Morgan, 1980) که در برگ هایی که پتانسیل تورژسانس آنها به صفر نزدیک می شود، تولید و $\square\square\square\square$ سقط دانه های در حال تشکیل می شود. ممکن است $\square\square\square\square$ همین دلیل ارقام که فاقد توانایی تنظیم اسمزی هستند دانه کمتری تولید می کنند و شاخص برداشت آنها کاهش یابد (Quarrie and Jones, 1977; Morgan, 1980; Cosgrove, 1986). Pierce and Raschke, 1980; در گروه ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی در مقایسه با

ارقام فاقد توانایی تنظیم اسمزی وزن هزار دانه در شرایط خشک نسبت به شرایط بدون تنش کاهش کمتری داشت. در گروه ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی کاهش وزن هزار دانه در شرایط خشک نسبت به شرایط مرطوب $\square\square/\square\square$ در صد بود در حالی که این مقدار برای ارقام فاقد توانایی تنظیم اسمزی $\square\square/\square\square$ در صد بود (جدول ۲). استنباط می شود که توانایی تنظیم اسمزی از طریق حفظ آب بافت ها و تسهیل در انتقال مواد فتوسنتزی به مقدار بیشتر، کاهش وزن دانه ها در شرایط خشک را جبران کرد (Hsiao et al., 1976). $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$ مورگان (Morgan, 1980) گزارش شده است.

گروه ارقام دارای توانایی تنظیم اسمزی در این آزمایش خصوصیت $\square\square\square\square$ به خشکی را داشته و عمدتاً برای کشت در مناطق خشک یا دیم توصیه شده اند. اگر چه گزارش $\square\square\square\square$ که مکانیزم های $\square\square\square\square$ به خشکی را در این ارقام مشخص کرده باشد، در دسترس $\square\square\square\square\square\square$ ولی به نظر می رسد که این ارقام در داشتن توانایی تنظیم اسمزی به عنوان یک صفت $\square\square\square\square$ به خشکی مشترک $\square\square\square\square$ با توجه به اینکه منشاء این ارقام متفاوت است، انتظار می رود که از لحاظ خصوصیات دیگری که ممکن است در ایجاد مقاومت به خشکی در آنها وجود داشته باشد $\square\square\square\square$ داشته باشند. از طرف دیگر در گروه ارقام فاقد توانایی تنظیم اسمزی، ارقامی نظیر نیک نژاد (متحمل به کم آبی)، شیراز (متحمل به شوری)، چمران (متحمل به گرما و خشکی) و هامون و هیرمند ($\square\square\square\square\square\square$ به شوری و خشکی) وجود دارند که مناسب برای کشت در شرایط خشک هستند اما بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق در گروه فاقد توانایی تنظیم اسمزی قرار $\square\square\square\square\square\square$ استنباط می شود که این ارقام با استفاده از $\square\square\square\square\square\square$ مکانیزم های $\square\square\square\square$ به خشکی به شرایط تنش خشکی سازگاری داشته باشند و در صورتی که برای توانایی تنظیم اسمزی بهبود یابند بتوانند سازگاری بیشتری برای کشت در مناطق خشک پیدا کنند.

جدول ۴ - گروه بندی ارقام گندم به دو گروه دارا و فاقد توانایی تنظیم اسمزی بر اساس نسبت مساحت تصویر دانه های گرده در محلول های ۵۰٪ و ۳۰٪ در صد پلی ایتلن کلیکول و عملکرد دانه آنها.

Table 4. Grouping of bread wheat cultivars into capable and incapable for osmoregulation based on the ratio of projected pollen area under 50% to 30 % PEG solutions and their corresponding grain yield.

Grouping	گروه بندی	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g/m ²)	مساحت تصویر دانه گرده Projected pollen area (μm ²)		نسبت مساحت دانه گرده Pollen area ratio (50:30)%
			PEG 50%	PEG 30%	
Incapable for Osmoregulation	فاقد توانایی تنظیم اسمزی	149.44	1.54	1.69	0.91
Capable for Osmoregulation	دارای توانایی تنظیم اسمزی	262.88	1.73	1.62	1.08

جدول ۵ - ضرایب همبستگی بین مقادیر مساحت دانه های گرده، عملکرد دانه و شاخص برداشت ارقام گندم نان در شرایط بدون تنش و تنش خشکی.

Table 5. Correlation coefficients between projected pollen grains area, grain yield and harvest index in bread wheat cultivars under non-stress and drought stress conditions.

		مساحت دانه گرده در محلول ۳۰٪ Projected pollen area under 30% PEG solution	
		عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest Index
		بدون تنش شرایط Non- Stress condition	
Grain Yield	عملکرد دانه	1	
Harvest Index	شاخص برداشت	0.36**	1
Projected pollen area under 30% PEG solution	مساحت دانه گرده در محلول ۳۰٪	.001 ^{ns}	-0.04 ^{ns} 1
		تنش خشکی شرایط Drought stress condition	
Grain yield	عملکرد دانه	1	
Harvest Index	شاخص برداشت	0.63**	1
Projected pollen area under 50% PEG solution	مساحت دانه گرده در محلول ۵۰٪	0.29**	0.23* 1

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns : Non-significant.

* و **: معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ درصد.

ns: غیر معنی دار.

جدول ۶ - میانگین اجزای عملکرد ارقام گندم دارا و فاقد توانایی تنظیم اسمزی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی.

Table 6. Mean of yield components of capable and incapable bread wheat cultivars for osmoregulation under non-stress and drought stress conditions.

Environment	شرایط	تعداد دانه در متر مربع Spike/ m ²	تعداد دانه در Grain per spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight
Capable for Osmoregulation دارای توانایی تنظیم اسمزی				
Non-stress	بدون تنش	497.79	44.33	39.21
stress	تنش خشکی	235.89	39.88	32.3
Incapable for Osmoregulation بدون توانایی تنظیم اسمزی				
Non-stress	بدون تنش	471.63	43.25	38.49
stress	تنش خشکی	188.11	27.87	22.95

که روش تشخیص توانایی تنظیم اسمزی در ارقام اساس نسبت مساحت تصویر دانه های کرده تحت شرایط تنش و بدون تنش روش مناسبی برای استفاده در برنامه های به نژادی به روش بک کراس برای بهبود توانایی تنظیم اسمزی است. و ارقام دز، کویر، روشن، بک کراس روشن زمستانه، زرین، پشتاز، الوند و امید می توانند برای این هدف به عنوان والد برای ارقام به خشکی مورد استفاده قرار گیرند.

با توجه به نتایجی که مورگان (Morgan, 1991) در مورد ژن کنترل کننده تنظیم اسمزی و نحوه وراثت آن گزارش کرده است، از نتایج بدست آمده در این نیز استنباط می شود که ارقامی که دارای تنظیم اسمزی می باشند، ممکن است برای ژن or هموزیگوت مغلوب (oror) در حالی که ارقامی که فاقد توانایی (oror) اسمزی می باشند ممکن است هموزیگوت غالب (OrOr) از نتایج این تحقیق می توان نتیجه گرفت

References

منابع مورد استفاده

Anonymous 2008. [http:// www.weather.ir](http://www.weather.ir)

Blum, A. and Y. Punel. 1990. Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a Mediterranean environment. Agric. Res. 41: 799-810.

Blum, A., J. Mayar and G. Gozland. 1983. Association between plant production and some physiological components of drought resistance in wheat. Plants Cell Env. 6: 216-225.

Cosgrove, D. J. 1986. Biophysical control of plant cell growth. Ann. Rev. Plant Physiol. 37: 377-405.

Cushman J. C. 2001. Osmoregulation in plants: Implications for agriculture. Amer. Zool. 41: 758-769.

Delperee, C., J. M. Kinter and S. Lutts. 2003. Low irradiance modifies the effect of water on survival and growth related parameter during the early development stages of buck wheat. Physiol. Plantarum. 119: 211-220.

Guinta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. Field Crops Res. 33: 399-409.

Hellebust, J. A. 1976. Osmoregulation. Ann. Rev. Plant Physiol. 27: 485-505.

Hsiao, T. C., E. Acevedo, E. Fereres and D. W. Henderson. 1976. Stress metabolism. Water stress, growth, and osmotic adjustment. Philosop. Transactions of the Royal Soci. London. Series B. 273: 479-500.

Kramer, P. J. 1969. Plant and soil water relationship: a modern synthesis. McGrawHill, New York.

Leigh, R. A. 2001. Potassium homeostasis and membrane transport. J. Plant Nutr. and Soil Sci. 164: 193-198.

Liu, H. P., B. J. Yu, W. H. Zhang and Y. L. Liu. 2005. Effect of osmotic stress on the activity of Ht ATPase and the levels of covalently and non-covalently conjugated polyamines in plasma membrane preparation from wheat seedling roots. Plant Sci. 168: 1599-1607.

Ludlow, M. M., A. C. P. Chu, R. J. Clements and R. G. Kerslanke. 1983. Adaptation of species of centrosema to water stress. Aust. J. Plant Physiol. 10: 119-130.

Maghsoudi Moud, A. A. and T. Yamagishi. 2005. Application of projected pollen area response to drought stress to determine osmsregulation capability of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Int. J. of

- Agric. & Biol. 4: 604-605.
- Marchner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. American Press. San Diego. California, USA.
- Morgan, J. M. 1980.** Osmotic adjustment in the spikelets and leaves of wheat. Expt. Bot. 31: 655-65.
- Morgan, J. M. 1980.** Possible role of abscisic acid in reducing seed set in water stressed wheat plants. Nature. 285: 655-657.
- Morgan, J. M. 1988.** The use of coleoptile responses to water stress to differentiate wheat genotypes for osmoregulation, growth and yield. Ann. Bot. 62: 193-198.
- Morgan, J. M. 1991.** Gene controlling differences in osmoregulation in wheat Aust. J. Plant. Physiol. 18: 249-57.
- Morgan, J. M. 1992.** Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant. Physiol. 19: 67-76.
- Morgan, J. M. 1999.** Pollen grain expression of a gene controlling differences in osmoregulation in wheat leaves: a simple breeding method. Aust. J. Agric. Res. 50: 953-62.
- Morgan, J. M. and A. G. Condon. 1986.** Water use, grain yield, and osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 13: 523-532.
- Morgan, J. M. and M. K. Tan. 1996.** Chromosomal location of a wheat osmoregulation gene using RFLP analysis. Aust. J. Plant Physiol. 23: 803-6.
- Morgan, J. M., B. Rodriguez-Maribona and E. J. Knights. 1991.** Adaptation to water-deficit in chickpea breeding lines by osmsregulation : relationship to grain yields in the field. Field Crops Res. 27: 61-70.
- Pierce, M. and K. Raschke. 1980.** Correlation between loss of turgor and accumulation of abscisic acid in detached leaves. Planta. 148: 174-182.
- Plaut, Z., B. J. Butow, C. S. Blumenthal and C. W. Wrigley. 2004.** Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yeild under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Res. 86: 185-198.
- Quarrie, S. A. and H. G. Jones. 1977.** Effects of abscisic acid and water stress on development and morphology in wheat. J. Expt. Bot. 28: 192-203.
- Richards, R. A. 1996.** Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regulation. 20: 157-166.
- Richards, R. A. 2004.** Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water scarce environments. In "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Sciences Congress. 26 Sep. to 1 Oct. 2004. Brisbane, Australia. Published on CD-ROM. Web site: [http:// www.cropscience.org](http://www.cropscience.org).
- Turner, N. C. and M. M. Jones. 1980.** Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and evaluation, pp. 87-104. In Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress, N. C. Turner and P. J. Kramer (Eds.). John Wiley, New York.

- Verslues, P. E. and E. A. Bray. 2004.** LWR11 and LWR2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in Arabidopsis. American Society of Plant Physiol. 136: 2831-2842.
- Whan B. R., G. P. Carlton, K. H. M. Siddique, K. L. Regan, N. C. Turner and W. K. Anderson. 1993.** Integration of breeding and physiology: lessons from a water limited environment. In "International crop science, I; International crop science congress, Ames, Iowa, USA. July 14-22. Pp. 607-614.
- Zarea- Feizabady, A. and M. Ghodsi. 2004.** Evaluation of yield and yield components of facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under different irrigation regimes in Khorasam province in Iran. J. of Agron. 3: 184-187.

Assessment of osmoregulation capability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using response of projected pollen grains to drought stress

Maghsoudi, K.¹ and A. A. Maghsoudi Moud²

ABSTRACT

Maghsoudi, K. and A. A. Maghsoudi Moud. 2008. Assessment of osmoregulation capability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using response of projected pollen grains to drought stress. **Iranian Journal of Crop Sciences. 10 (1):1-14.**

In this study thirty three wheat cultivars were compared for osmoregulation capability using the ratio of projected pollen grains area under water stress to normal conditions. Digital images of pollen grains obtained from plants grown under well watered condition, were analyzed to obtain their projected areas. Field experimental arranged in a split-plot (cultivars were assigned to sub-plots and drought stress to main plots) in order to compare cultivars grain yield under water stressed and well watered conditions. Based on the results of pollen area ratio, cultivars were divided into two groups. Cultivars, Dez, Kavir, Roshan, Back Cross Roshan (winter type), Zarrin, Pishtaz, Omid and Alvand were classified as capable for osmoregulation as they had a ratio of higher than unit, while the others were grouped as incapable since had ratio lower than unit. Results of ANOVA showed that drought stress and cultivar had significant effects on grain yield and its components as well as biological yield and harvest index. In general, drought stress significantly reduced the grain yield. On the other hand, average grain yield of osmoregulation capable group was 1.73 times greater than that of incapable group. Meanwhile, significant correlation coefficient ($r = 0.29^{**}$) was found between projected pollen area and grain yield under drought stress condition, implying that increased grain yield could be attributed to osmoregulation capability. Wheat cultivars grouped as capable for osmoregulation are suggested to be used in breeding programs for increasing drought tolerance.

Key words: Osmoregulation, Pollen grain, Water stress, Bread wheat.

Received: October 2007

1- M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran (Corresponding author)

2- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran