Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 53, No 3, Autumn 2022 (219-232)
DOI: 10.22059/IJFCS.2021.328758.654847

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۴۰۱ (ص۲۳۲-۲۱۹)

Effect of different planting densities on yield, yield components, and protein content of two grain sorghum cultivars in Alborz province

Ghorban Khodabin[*1], Saraleh Galeshi[2], Mojdeh Sadat Khayat Moghadam[3], Mahsa Rafati Alashti[4], Ali Heidarzadeh[5]
1,5. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. 2. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. 3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran.
4. Department of Agriculture Science, Payame Noor University, Tehran, Iran..
(Received: August 21, 2021- Accepted: September 29, 2021)

ABSTRACT

To investigate the effects of plant density on yield and yield components of two cultivars of grain sorghum, an experiment was conducted in 2009 in the northwest of Karaj, Iran. In this experiment, two cultivars ('Payam' and 'Kimia') and four density levels (100, 150, 200, and 250 thousand plants per hectare) were evaluated in a factorial experiment based on a randomized complete block design with four replications. The results of the mean comparison showed that the highest biological, grain and protein yields per unit area, protein percentage, grain yield per plant, and the number of grains per panicle were observed in the Kimia cultivar and the highest grain weight has belonged to the Payam cultivar. Increased density led to increased grain, protein and biological yields, and the number of panicles per square meter; Thus, the highest grain and protein yields were obtained with an average of 7924.01 and 913.17 kg/ha 250,000 plants per hectare planting density, respectively. Increasing the density reduced the number of grains per panicle and 1000-grain weight, but did not affect protein percentage. Based on the results of this experiment, to achieve the maximum grain yield and grain protein, Kimia and Payam cultivars with 250,000 plants per hectare density are recommended.

Keywords: Grain sorghum, panicle, plant density, protein percentage, yield.

تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین دو رقم سورگوم دانه‌ای در استان البرز

قربان خدابین*۱، سراله گالشی۲، مژده سادات خیاط مقدم۳، مهسا رفعتی آلاشتی۴، علی حیدرزاده۵
۱و ۵- دانش‌آموخته گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳- دانش‌آموخته گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، ٤- استادیار گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران.
(تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۵/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۷/۷)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سورگوم دانه‌ای ،آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در شمال غربی کرج اجرا شد. در این آزمایش، دو رقم (پیام و کیمیا) و چهار سطح تراکم گیاهی (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ هزار بوته در هکتار) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین عملکرد زیستی، عملکرد دانه و پروتئین در واحد سطح، درصد پروتئین، عملکرد دانه در بوته و تعداد دانه در پانیکول، در رقم کیمیا و بالاترین وزن هزار دانه، در رقم پیام مشاهده شد. افزایش تراکم منجر به افزایش عملکرد دانه، پروتئین وزیستی و تعداد پانیکول در مترمربع شد؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه و پروتئین به‌ترتیب با میانگین ۷۹۲٤/۰۱ و ۹۱۳/۱۷ کیلوگرم در هکتار، در تراکم کاشت ۲۵۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد. افزایش تراکم باعث کاهش تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه شد، ولی روی درصد پروتئین تأثیری نداشت. بر اساس نتایج این آزمایش، برای دستیابی به بیشینه عملکرد و پروتئین دانه، ارقام کیمیا و پیام با تراکم ۲۵۰ هزار بوته در هکتار قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: پانیکول، تراکم بوته، سورگوم دانه‌ای، درصد پروتئین، عملکرد.

مقدمه

سورگوم یک گیاه کلیدی و مهم در نظام‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک آسیا و آفریقا محسوب می‌شود، چراکه می‌تواند در برابر حاصلخیزی پایین خاک و تنش خشکی مقاومت کند (Farahani *et al.*, 2008). انتخاب تراکم و ارقام مناسب سورگوم

* Corresponding author E-mail: G.khodabin@modares.ac.ir

دانه‌ای در شرایط هر منطقه، یکی از راه‌های اساسی افزایش محصول است که تراکم، متناسب با عواملی مانند خصوصیات ارقام، حاصلخیزی خاک، تاریخ کشت و روش کاشت تغییر می‌یابد و ارقام نیز از نظر سازگاری با تراکم گیاهی متفاوت هستند. به‌طورکلی با یک آرایش کاشت و تراکم مناسب، ترکیب مطلوبی از عوامل محیطی برای حصول حداکثر عملکرد تأمین می‌شود (Modal, 2004).

تراکم از طریق اثر بر اجزای عملکرد، میزان عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اغلب مطالعات نشان داده است که در مقایسه با وزن بذر، تعداد دانه در واحد سطح (تعداد پانیکول در واحد سطح × تعداد دانه در پانیکول)، همبستگی زیادتری با عملکرد نهایی دارد (Stickler and Polly, 1961; Goldsworthy and Taylor, 1970). تعداد پانیکول در واحد سطح، یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که تحت تأثیر شرایط محیطی و ژنوتیپ قرار دارد. به‌نظر می‌رسد که نقش عوامل محیطی در این مورد بارزتر باشد. تراکم کاشت، عامل اصلی مدیریت در کنترل تعداد پانیکول است(House, 1979). محققان بسیاری گزارش کرده‌اند که اجزای عملکرد دانه و تعداد پانیکول در مترمربع، تحت تأثیر تراکم قرار گرفت، به‌طوری‌که با افزایش تراکم، تعداد پانیکول در واحد سطح افزایش یافت و منجر به ایجاد حداکثر عملکرد دانه شد (Kabde & Hume, 1981; Jalali & Bohrani 2001). در آزمایشی با یک هیبرید در سه تراکم مختلف مشاهده شد که با افزایش تراکم بوته، تعداد دانه در پانیکول کاهش یافت و محققین در این تحقیق، ۷۴ درصد تنوع در عملکرد دانه را ناشی از تغییرات تعداد پانیکول اعلام نمودند (Khaitir & Vanderlip, 1992). محققان دیگر گزارش نمودند که با افزایش تراکم از ۱۰۰ هزار به ۲۶۰ هزار بوته در هکتار، تعداد دانه در پانیکول ۳۶/۸۶ درصد کاهش یافت (Baradaran*et al*., 2006). در سورگوم با افزایش تراکم، اندازه پانیکول کاهش یافت و این کاهش همراه با کاهش تعداد دانه در پانیکول بود (House, 1979). همچنین همبستگی مثبتی بین دیررسی با تعداد دانه در پانیکول در سورگوم گزارش شد و نتیجه‌گیری کردند که تعداد دانه در پانیکول، مهم‌ترین جزء عملکرد است (Lothrop *et al*., 1985). محققان طی مطالعاتی جداگانه نشان دادند که با افزایش تراکم بوته، وزن هزار دانه کاهش یافت (khaitir & Vanderlip, 1992; Berenguer & Fasy, 2001; Jalali & Bohrani,2001; Naser Alavi & Shamseddin Saeed, 2008). هرچند برخی از محققین اعتقاد دارند که افزایش تراکم تأثیری بر وزن هزار دانه ندارد (Javadi *et al*., 2005). در پژوهشی، بالاترین عملکرد بوته مربوط به تیماری بود که بیشترین تعداد دانه در پانیکول را داشت و اگر در طی دوره پر شدن دانه، آب کافی در دسترس گیاه باشد، حتی اگر تعداد دانه در پانیکول بالا باشد، وزن هر دانه بالا خواهد بود (Unger, 1991). اگر اندازه مخزن در اثر تنش در خلال دوره رشد و در حوالی گرده‌افشانی محدود شودنشود، عملکرد دانه تابعی از وزن دانه است.

افزایش تراکم تا حد معینی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. تراکم بهینه برای تولید حداکثر عملکرد دانه در سورگوم دانه‌ای ۱۶۶ هزار بوته در هکتار گزارش شده است (Nasri & Khalatbary, 2002). به منظور بررسی عملکرد دانه، سه رقم سورگوم دانه‌ای را با تراکم‌های کم، متوسط و زیاد (۱۳۰، ۱۵۰ و ۱۹۰ هزار بوته در هکتار) مورد آزمایش قرار دادند و بیشترین عملکرد دانه برابر ۲۸۳۳ کیلوگرم در هکتار، از بیشترین تراکم گیاهی به‌دست آمد. عملکرد بیشتر گیاهانی که تراکم زیادی داشتند، ناشی از تولید بیشتر ماده خشک آن‌ها اعلام شد (Bourbour *et al*., 2012). در خصوص اثر تراکم بر میزان پروتئین دانه، نتایج متفاوتی گزارش‌شده است. در مطالعه سه سطح تراکم (۱۰۰، ۱۸۰ و ۲۶۰ هزار بوته در هکتار) سورگوم دانه‌ای بر درصد و عملکرد پروتئین دانه بیان شد که افزایش تراکم، درصد پروتئین را تحت تأثیر قرار نداد، ولی عملکرد پروتئین با افزایش تراکم افزایش یافت (Javadi *et al*., 2005). محققان دیگر نیز گزارش کردند که افزایش تراکم، تأثیری بر میزان پروتئین دانه ندارد (Berenguer & Fasy, 2001; Jalali & Bohrani, 2001). اصولاً مقدار پروتئین دانه در سورگوم، تحت تأثیر طول مدت آیش، حاصلخیزی خاک و محصول

پیشین قرار می‌گیرد (Jalali & Bohrani, 2001). با افزایش تراکم از ۷۵ به ۱۵۰ هزار بوته در هکتار، درصد پروتئین از ۸/۵ به ۷/۲ درصد کاهش یافت (Mahmood Abadi *et al*., 2012)، اما در تحقیقی دیگر، افزایش تراکم میزان پروتئین دانه را افزایش داد (Jassemi *et al*., 1998).

با توجه به توسعه سطح زیر کشت این محصول و همچنین عدم انجام طرح‌های به‌زراعی در زمینه ارائه الگوی کشت و توصیه تراکم مناسب در مورد ارقام و لاین‌های سورگوم دانه‌ای، این مطالعه به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد و درصد و عملکرد پروتئین در دو رقم پیام و کیمیا و همچنین تعیین چگونگی اثر متقابل تراکم بوته و ژنوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تراکم و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و هشت تیمار شامل دو رقم (پیام و کیمیا) و چهار سطح تراکم (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و۲۵۰ هزار بوته در هکتار) انجام شد. در این آزمایش، فاصله بین خطوط کشت در همه تراکم‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و با تغییر فاصله بوته‌ها روی خطوط کشت (۶شش ۸، ۱۱ و ۱۶سانتی‌متر)، تراکم بوته در مترمربع تغییر یافت. پیش از کشت، ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به زمین اضافه شد (بر اساس توصیه کودی مرکز تحقیقات کشاورزی) و مابقی کود نیتروژن (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورتبه‌صورت سرک در مرحله پنج تا هفت برگی و در زمان گلدهی استفاده شد. بذرها قبل از کاشت به نسبت دو در هزار با سم ویتاواکس (کاربوکسین تیرام) ضدعفونی شد. کشت به‌صورت دستی در اول خردادماه سال ۱۳۸۸ و در عمق سه سانتی‌متری روی پشته‌ها (با تراکم زیاد) انجام شد. به‌منظور دستیابی به تراکم‌های مورد نظر، بوته‌های اضافی در مرحله پنج برگی حذف شدند. مبارزه با علف‌های‌هرز در مراحل اولیه رشد و با روش دستی صورت گرفت و اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی پس از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده در طی دوره رشد انجام شد.

عملیات برداشت بسته به رقم و بر اساس رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی برداشت در تاریخ‌های مجزا انجام شد. به‌ترتیب، رقم پیام در تاریخ ۱۶ شهریور و رقم کیمیا در تاریخ ۲۸ شهریور برداشت شدند. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۰ بوته از دو ردیف وسط کرت انتخاب و عملکرد و اجزای عملکرد دانه (تعداد پانیکول در مترمربع، تعداد دانه در پانیکول و وزن صد دانه) تعیین شد. در زمان رسیدگی برداشت، برای تعیین عملکرد دانه، مساحت معادل دو مترمربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح بر اساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد پروتئین، ابتدا میزان ازت دانه به روش کجدال اندازه‌گیری شد و سپس درصد و عملکرد پروتئین دانه با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد (Khalili Mahaleh *et al*., 2007):

درصد ازت دانه × ۶/۲۵ = درصد پروتئین

عملکرد دانه × درصد پروتئین = عملکرد پروتئین

برای تعیین نیاز حرارتی گیاه، کلیه پارامترهای هواشناسی مورد نیاز از اولین روز کاشت تا زمان برداشت به‌طور روزانه ثبت و درجه روزرشد (GDD) بر اساس معادله‌ی زیر محاسبه شد:

$$GDD = \sum (\frac{T_{Max} + T_{Min}}{2} - Tb)$$

که در آن، GDD: درجه روزرشد و Tb: دمای پایه (۱۰ درجه سانتی‌گراد) است. داده‌های صفات مورد اندازه‌گیری و همبستگی بین صفات، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، تفاوت عملکرد زیستی، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه و پروتئین در تراکم‌های گیاهی و ارقام مختلف از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). فاکتورهای آب و هوایی از جمله عوامل کنترل نشده‌ای می‌باشند که

تغییرات هر یک از آن‌ها در یک منطقه، باعث تغییرات در رشد و نمو گیاهان می‌شود؛ بنابراین ضرورت دارد که به‌منظور بهره‌برداری از حداکثر پتانسیل تولید گیاهان، نیاز حرارتی مراحل مختلف فنولوژی آن‌ها تعیین شود. کوتاه بودن دوره رشد رویشی رقم پیام نسبت به رقم کیمیا، دلیل زودرسی آن است (جدول ۲)، چراکه اختلاف دوره ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک بین دو رقم، تنها دو روز می‌باشد. همچنین با مقایسه GDD دو رقم در دوره‌ها کاشت تا ظهور پانیکول و ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده می‌شود که GDD رقم کیمیا در دوره رشد رویشی، بیشتر از رقم پیام بوده است، اما GDD در دوره ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم پیام بالاتر بود که نتیجه بالا بودن GDD در مرحله پر شدن دانه، افزایش وزن دانه بوده است.

جدول ۱- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در گیاه سورگوم

Table 1. Mean Square of measured traits in sorghum plant

S. O. V	df	Protein percent	Protein yield	Panicle length	Panicle number per square	Number of seeds In Panicle	Seed weight	Yield per plant	Grain yield
Block	3	0.35 ns	0.005 ns	9.96 ns	0.36 ns	29444.08 ns	2.14 ns	26.69 ns	230737.62 ns
Cultivar (A)	1	3.65 *	0.45 **	166.07 **	0.28 ns	1472328.01 **	10.88 *	784.67 **	22501130.8 **
Density	3	0.22 ns	0.14 **	35.95 **	315.28 **	274416.33 **	5.45 *	308.34 **	16167750.53 **
A×B	3	0.13 ns	0.007 ns	5.69 ns	0.03 ns	3833.5 ns	0.05 ns	3.53 ns	1040149.67 ns
Error	21	0.71	0.08	6.28	0.15	26747.79	1.64	14.53	520423.78
CV (%)		3.6	10.1	7.5	1.8	9.3	4.5	7.01	8.9

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

ns, *, and **: non-significant and significant at 5% and 1%of probability levels, respectively.

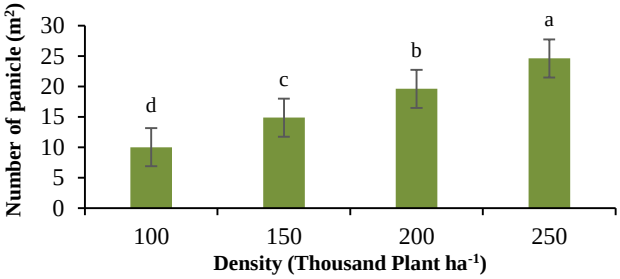
جدول ۲- درجه روز رشد ارقام موردبررسی

Table 2. Growing degree days of evaluated cultivars

	Kimia cultivar		Payam cultivar	
	GDD	Days	GDD	Days
Planting to emergence	72	7	72	7
Planting to panicle emergence	1156	76	975	63
Planting to Physiological maturity	1646	108	1499	97

تعداد پانیکول

بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین و کمترین تعداد پانیکول (۲۴/۶۲ و ۱۰ پانیکول در مترمربع) به‌ترتیب در تراکم‌های ۲۵۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). در این بررسی، تعداد پنجه در بوته در تراکم‌های پایین، بیشتر از تراکم‌های بالا بوده است (نتایج گزارش نشده است)، اما این افزایش تعداد پنجه در بوته، جبران تراکم پایین بوته را نکرد؛ به همین علت تعداد پانیکول در تراکم‌های کم، پایین‌تر از تراکم‌های بالا بود.



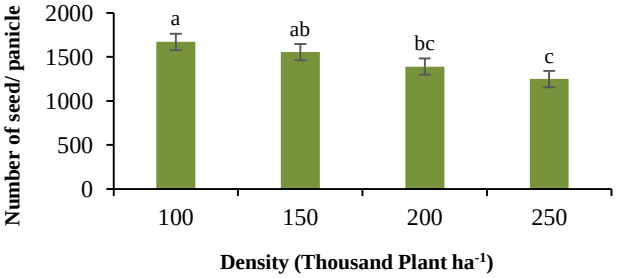
شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد پانیکول در تراکم‌های مختلف در سورگوم دانه‌ای

Figure 1. Mean comparison of the number of panicle (m^2) in different studied densities in grain sorghum

تعداد دانه در پانیکول

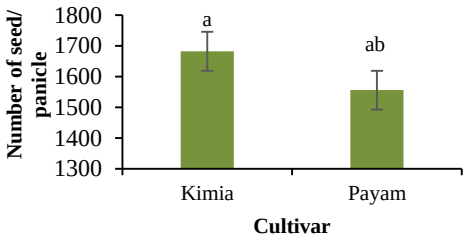
بر اساس مقایسه میانگین‌ها، تعداد دانه در پانیکول در تراکم‌های زیاد کاهش یافت. بیشترین و کمترین تعداد دانه در پانیکول (۱۶۷۲ و ۱۲۵۰ دانه در پانیکول) به‌ترتیب در تراکم‌های ۱۰۰ و ۲۵۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد (شکل ۲). احتمالاً افزایش رقابت بین بوته‌ها در جذب مواد غذایی و نور در مرحله گلدهی، موجب کاهش تلقیح شده است و عدم رشد جنین لقاح یافته نیز ممکن است سبب کاهش تعداد دانه‌های بارور در تراکم‌های بالا شده باشد. از طرف دیگر، احتمالاً رقابت بیشتر برای اسمیلات در تراکم‌های بالا سبب سقط گل‌ها شده است. در تراکم‌های کمتر، به دلیل کاهش رقابت بین بوته‌ها و استفاده هر بوته از مواد غذایی بیشتر، تعداد دانه در پانیکول بیشتر شده است. دلیل کاهش تعداد دانه در پانیکول در تراکم‌های بالا را گرده‌افشانی ضعیف و عقیم‌شدن گل‌ها به دلیل سایه‌اندازی در مرحله گل‌دهی و همچنین عدم رشد جنین‌های لقاح یافته می‌دانند (Javadi *et al*., 2005). عوامل محیطی محرک تعداد و رشد برگ و رشد ساقه مثل فتوپریود طولانی، دمای بالا یا پایین در مراحل اولیه رشد، دمای بالا، آبیاری فراوان و کود نیتروژنی زیاد در مرحله‌ی دوم رشد، توسعه گل‌آذین (پتانسیل تعداد دانه پانیکول) را در شرایط رقابتی سخت قرار می‌دهند (Ayston, 1980). تراکم بوته زیاد، این رقابت را تشدید می‌کند و منجر به کوچک شدن اندازه پانیکول می‌شود (Berenguer & Fasy, 2001; Baradarn *et al*., 2006; Koochaki, 2008; Bourbour *et al*., Sarmadnya & 2012).

تعداد دانه در پانیکول ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشتن، به‌طوری‌که رقم کیمیا با میانگین ۱۶۸۲ دانه در پانیکول نسبت به رقم پیام با ۱۲۵۳ دانه، از تعداد دانه بیشتری برخوردار بود (شکل۳). دلیل این برتری، احتمالاً به خاطر بیشتر بودن تعداد سنبلچه در پانیکول و طول پانیکول در رقم کیمیا نسبت به رقم پیام بوده است (نتایج گزارش نشده است).



شکل۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در پانیکول در تراکم‌های مختلف سورگوم دانه‌ای

Figure 2. Mean comparison of the number of seeds per panicle in different studied densities of grain sorghum



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در پانیکول در ارقام موردبررسی

Figure 3. Mean comparison of the number of seeds per panicle of evaluated cultivars

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین وزن هزار دانه در تراکم‌های مختلف نشان داد که افزایش تراکم، باعث کاهش وزن هزار دانه شد، هرچند این کاهش در دامنه‌ای وسیع از تراکم بوته در واحد سطح معنی‌دار نبوده است. در این بررسی، بیشترین و کمترین وزن هزار دانه (۲۷/۶۷و ۲۵/۸۲گرم) به‌ترتیب در تراکم‌های ۱۰۰و ۲۵۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد (شکل۴). با افزایش تراکم در واحد سطح، تعداد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد و در نتیجه قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی برای هر دانه کمتر می‌شود، بنابراین وزن دانه را کاهش می‌دهد. احتمالاً کاهش وزن هزار دانه با افزایش تراکم گیاهی، به افزایش رقابت بین گیاهان مجاور و در نتیجه کاهش عملکرد ماده خشک در تک بوته و کاهش مواد فتوسنتزی اختصاص‌یافته به دانه‌ها مربوط بوده است. نتایجی مشابه با این توسط محققان دیگر نیز گزارش‌شده است (Berenguer & Fasy, 2001; Naser Saeed, 2008; Amoozadeh Alavi & Shamseddin (*et al*., 2012; Bourbour *et al*., 2012

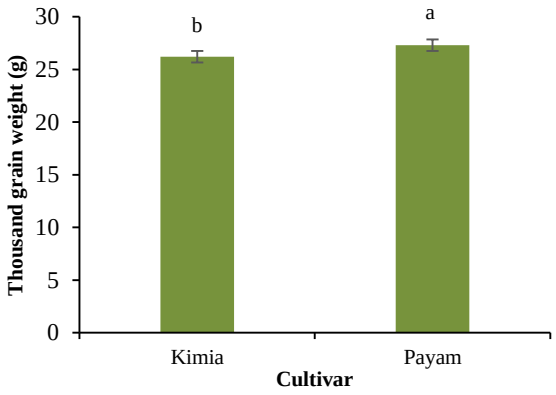
شکل ۴- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در تراکم‌های مختلف سورگوم دانه‌ای

Figure 4. Mean comparison of the thousand grain weight in different studied densities of grain sorghum

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت وزن هزار دانه در ارقام مورد بررسی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که رقم پیام با ۲۷/۴۱ گرم نسبت به رقم کیمیا با میانگین۲۶/۲۵ گرم، وزن هزار دانه بیشتری را دارا بود (شکل۵). رقم پیام به دلیل تعداد گلچه کم در پانیکول، تعداد دانه کمتری در پانیکول ایجاد کرد؛ در نتیجه وزن دانه آن افزایش یافت، زیرا مواد حاصل از فتوسنتز، صرف پر نمودن تعداد دانه کمتری شد.

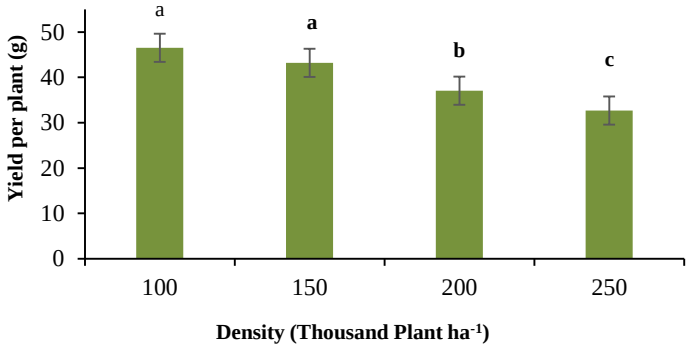
عملکرد بوته

با توجه به مقایسه میانگین‌ها، بالاترین عملکرد تک بوته (۴۶/۵۵ گرم در بوته) در تراکم کاشت ۱۰۰ هزار بوته در هکتار و کمترین عملکرد تک بوته (۳۲/۶۶ گرم در بوته) در تراکم کاشت ۲۵۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد (شکل ۶). عملکرد تک بوته با افزایش تراکم کاهش یافت که این کاهش به‌واسطه افزایش رقابت بین گیاهان در تراکم‌های بالاتر و در نتیجه تولید ماده خشک کل کمتر به ازای هر گیاه نمایان شده است. نتایج مشابهی توسط برخی محققین در این زمینه گزارش‌شده است (Quinby *et al*., 1973; Baenzigr & Glover, 1980; Bourbour *et al*., 2012).



شکل۵- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در ارقام موردبررسی سورگوم دانه‌ای

Figure 5. Mean comparison of 1000-seed weight in the evaluated cultivars



شکل۶- مقایسه میانگین عملکرد تک بوته در تراکم‌های مختلف سورگوم دانه‌ای

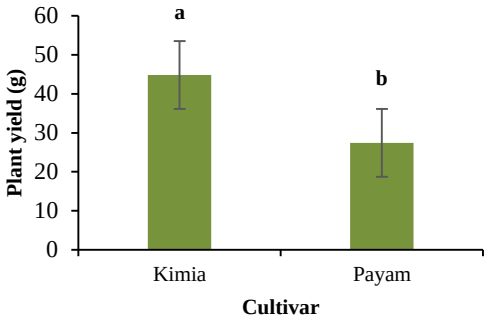
Figure 6. Mean comparison of the yield per plant in different studied densities of the grain sorghum

ارقام مورد بررسی از لحاظ عملکرد بوته در سطح یک درصد باهم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱) که عملکرد تک بوته رقم کیمیا ۴۴/۸۱ و رقم پیام ۳۴/۹۱ گرم بود (شکل ۷). احتمالاً این تفاوت به دلیل سازگاری بالا با شرایط منطقه و پتانسیل بالای تولید این رقم در این منطقه می‌باشد.

عملکرد دانه

نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی نشان داد که اثر تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) که نشان‌دهنده تأثیرپذیری بالای عملکرد دانه سورگوم از تراکم است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تراکم کاشت ۲۵۰ هزار بوته در هکتار با میانگین عملکرد ۷۹۲۴/۰۱ کیلوگرم در هکتار، بالاترین و تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار با میانگین عملکرد ۴۶۱۲/۳ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را داشت و با افزایش تراکم، عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت(شکل ۸). در تحقیقی، با افزایش تراکم بوته از ۸۰ به ۲۴۰ و ۸۷ به ۳۴۶ هزار بوته در هکتار، افزایش معنی دعرملکرد دانه سورگوم دیده شد (Hegde *et al*, 1976)، اما در آزمایشی دیگر، با افزایش تراکم بوته از ۸۰ به ۲۴۰ هزار بوته، عملکرد دانه افزایش نیافت (Hegde *et al*, 1976). آن‌ها عدم افزایش معنی‌دار در دامنه وسیع از تراکم بوته را به خاطر اثرات جبرانی قابل‌ملاحظه اجزای عملکرد به‌ویژه ظرفیت تولید پنجه در ارقام مورد مطالعه در تراکم‌های پایین بوته دانسته‌اند. با توجه به این‌که سورگوم دانه‌ای رقم کیمیا و پیام، تک ساقه و بدون پنجه بودند، بیشترین تأثیر را از اثر جبرانی تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه پذیرفته اند. به همین دلیل در دامنه‌ای محدود از تراکم بوته در هکتار، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج فوق، عملکرد بالا در تراکم‌های بالا، به دلیل تعداد بوته بیشتر در واحد سطح و کارایی بیشتر در جهت استفاده

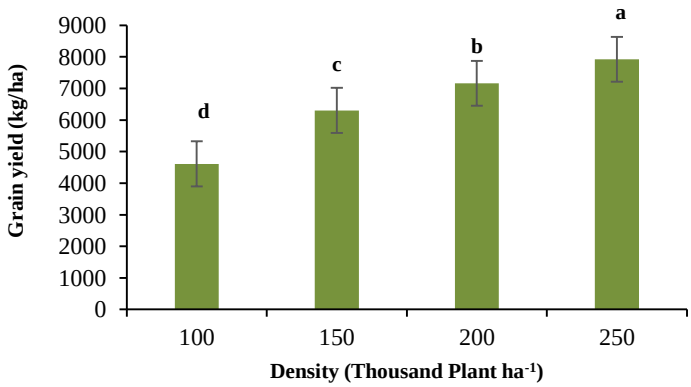
از عوامل محیطی (نور، دما و مواد غذایی) به جهت ایجاد پوشش گیاهی مناسب از اوایل فصل رشد می‌باشد. از طرفی، پایین بودن عملکرد در تراکم‌های پایین به دلیل کمی تعداد بوته و عدم کارایی در جهت استفاده از کلیه عوامل برای حداکثر تولید ماده خشک می‌باشد. در تحقیقی، با افزایش تراکم در سورگوم از ۱۰۰ هزار به ۲۶۰ هزار بوته در هکتار، عملکرد دانه ۳۷/۲۶ درصد افزایش داشته است و افزایش تراکم در یک دامنه مشخص، موجب افزایش عملکرد دانه شد (Baradaran *et al.*, 2006). نتایجی مشابه با این تحقیق نیز توسط سایرین گزارش‌شده است (Fisher & Wilson, 1975; Azari Nasr Abad *et al.*, 2009; Amoozadeh *et al.*, 2012; Mousavi *et al.*, 2017).



شکل۷- مقایسه میانگین عملکرد تک بوته در ارقام موردبررسی

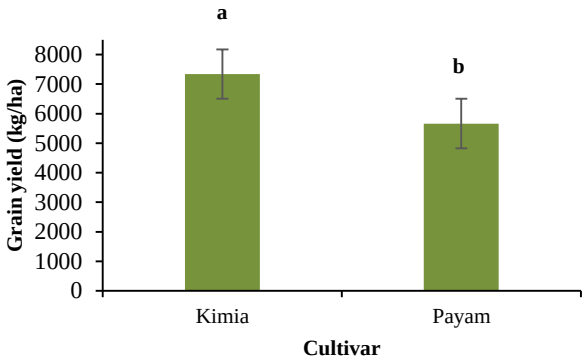
Figure 7. Mean comparison of the plant yield of the evaluated cultivars

ارقام موردبررسی در تراکم‌های کاشت بالا از عملکرد بالاتری نسبت به تراکم پایین برخوردار بودند، به‌طوری‌که رقم پیام از نظر عملکرد دانه نسبت به رقم کیمیا در سطح آماری یک درصد، تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام نشان داد که رقم کیمیا، عملکرد دانه بالاتری(۷۳۳۸/۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به رقم پیام (۵۶۶۱/۴ کیلوگرم در هکتار) داشت (شکل۹). کوتاه بودن دوره رشد رویشی رقم پیام نسبت به رقم کیمیا، دلیل زودرسی آن بود (جدول ۲)، چراکه اختلاف دوره ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک بین دو رقم تنها دو روز بود. همچنین با مقایسه GDD دو رقم در دوره‌های کاشت تا ظهور پانیکول و ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده می‌شود که GDD رقم کیمیا در دوره رشد رویشی، بیشتر از رقم پیام بوده است، اما GDD در دوره ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک در رقم پیام بالاتر بود که نتیجه بالا بودن GDD در مرحله پر شدن دانه، افزایش وزن دانه بوده است.



شکل۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف

Figure 8. Mean comparison of the grain yield in different densities

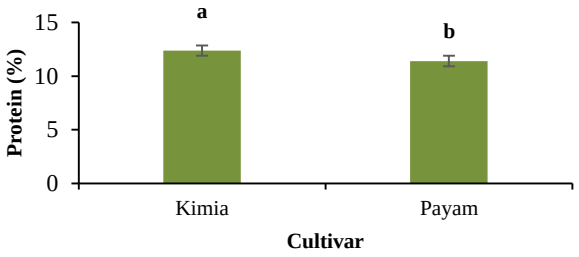


شکل۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه در ارقام موردبررسی.

Figure 9. Mean comparison of the grain yield in the evaluated cultivars

درصد پروتئین

در این مطالعه مشخص شد که ارقام از لحاظ درصد پروتئین دانه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد داشتند (جدول ۱)، به‌طوری‌که رقم کیمیا با ۱۲/۴، بالاترین و پیام با ۱۱/۴، پایین‌ترین درصد پروتئین را دارا بودند (شکل ۱۰). پژوهش‌های انجام شده حاکی از آن است که درصد پروتئین دانه، تحت تأثیر تراکم دانه واقع نمی‌شود. (Unger 1991; Berenguer & Fasy, 2001; Javadi *et al*., 2005).

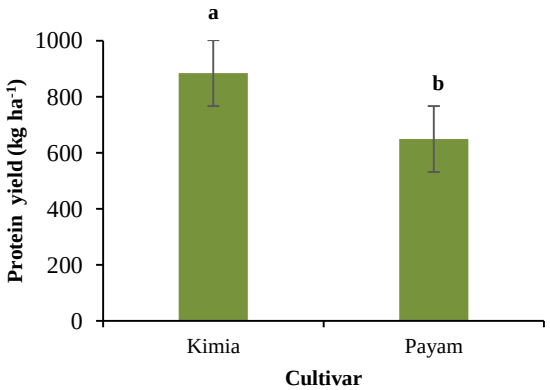


شکل ۱۰- مقایسه درصد پروتئین در ارقام موردبررسی سورگوم دانه‌ای

Figure 10. Mean comparison of the protein percentage in the evaluated cultivars of grain sorghum

عملکرد پروتئین

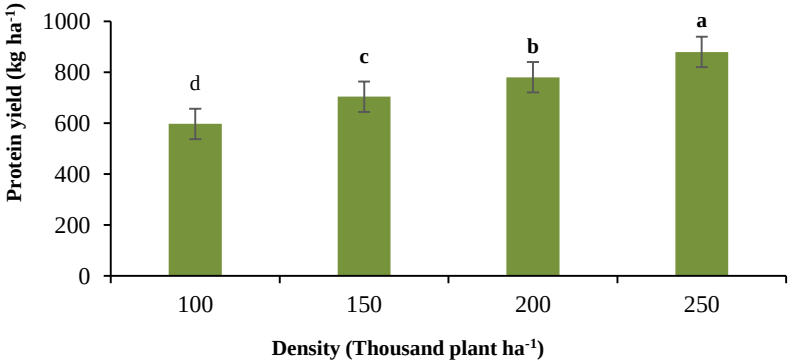
بین ارقام از لحاظ عملکرد پروتئین اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱)، به‌طوری‌که رقم کیمیا با ۸۸۴/۱ و رقم پیام با ۶۴۸/۸ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین را دارا بودند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین در ارقام موردبررسی سورگوم دانه‌ای

Figure 11. Mean comparison of the protein yield in the evaluated cultivars grain sorghum

تراکم نیز عملکرد پروتئین را تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که تراکم ۱۰۰ هزار و ۲۵۰ هزار بوته به‌ترتیب با ۵۹۸/۷ و ۹۱۳/۷ کیلوگرم در هکتار، پایین‌ترین و بالاترین عملکرد پروتئین را داشتند (شکل ۱۲). نتایجی مشابه با این تحقیق در ذرت شیرین و سورگوم دانه‌ای گزارش‌شده است (Javadi *et al*., 2005; Hasankifard *et al*., 2015; Mousavi *et al*., 2017). دلیل افزایش عملکرد پروتئین در تراکم‌های بالا، ثابت بودن میزان پروتئین دانه و بالا بودن عملکرد دانه بود.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین در تراکم‌های مختلف سورگوم دانه‌ای
Figure 12. Mean comparison of the protein yield in different densities of grain sorghum

همبستگی صفات

نتایج همبستگی صفات نشان داد که در دو رقم مورد مطالعه، تعداد پانیکول در مترمربع همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد دانه در پانیکول داشت (جدول ۳)، به‌طوری‌که همبستگی تعداد پانیکول در مترمربع با تعداد دانه در پانیکول در رقم کیمیا و پیام به‌ترتیب برابر r= -۰/۷۶ و r= -۰/۷۴ بود. این بدان معنی است که با افزایش تراکم گیاهی تعداد پانیکول در مترمربع بیشتر شد، اما تعداد دانه در پانیکول در تراکم‌های بالا به علت رقابت بر سر منابع موجود کاهش‌یافت. تعداد پانیکول در مترمربع در هر دو رقم کیمیا و پیام با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۳)، به‌طوری‌که همبستگی تعداد پانیکول در مترمربع با عملکرد دانه در رقم کیمیا و پیام به‌ترتیب برابر r=۰/۸۸ و r=۰/۸۲ بود. این همبستگی مثبت به این علت بود که با افزایش تراکم گیاهی، تعداد پانیکول در مترمربع بیشتر شد و درنتیجه عملکرد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد و از طرفی با افزایش تراکم بوته جذب تابش خورشیدی توسط جامع گیاهی افزایش می‌یابد و به‌تبع آن باعث افزایش بازده فتوسنتزی پوشش گیاهی می‌شود؛ درنتیجه عملکرد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد. البته باید در نظر داشت افزایش تراکم تا حد معینی باعث افزایش عملکرد می‌شود.

عملکرد دانه تک بوته در هر دو رقم، همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در پانیکول داشت، به‌طوری‌که همبستگی عملکرد بوته با تعداد دانه در پانیکول در رقم کیمیا و پیام به‌ترتیب برابر r=۰/۹۴ و r=۰/۹۵ بود. با افزایش تراکم گیاهی، عملکرد دانه تک بوته کاهش پیدا کرد و کمترین تعداد دانه در پانیکول نیز در تراکم‌های بالا به‌دست آمد. همچنین در هر دو رقم کیمیا و پیام، عملکرد بوته همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد پانیکول در مترمربع داشت. همبستگی عملکرد تک بوته با تعداد پانیکول در مترمربع در رقم کیمیا و پیام به‌ترتیب برابر r= -۰/۸۱ و r= -۰/۸۵ بود که احتمالاً به دلیل افزایش تراکم تعداد پانیکول در مترمربع افزایش‌یافت، اما عملکرد بوته به علت رقابت بر سر منابع کاهش‌یافت.

درصد پروتئین دانه با عملکرد و اجزای عملکرد همبستگی نداشت (جدول ۳)؛ این بدان معناست که این صفت، تحت تأثیر تراکم قرار نگرفت. همچنین نتایج همبستگی صفات نشان داد که عملکرد پروتئین در دو رقم کیمیا و پیام، همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد پانیکول در مترمربع و عملکرد دانه در واحد سطح

داشت (جدول۳)، به‌طوری‌که همبستگی عملکرد پروتئین با تعداد پانیکول در مترمربع در رقم کیمیا و پیام به‌ترتیب برابر r= ۰/۹۳ و r= ۰/۷۱ و با عملکرد دانه به‌ترتیب r=۰/۹۳ و r=۰/۸۸ بود.

جدول ۳- ضرایب همبستگی(r) بعضی از صفات موردمطالعه با عملکرد و اجزای عملکرد

Table 3 .Correlation coefficients (r) of Some studied traits with yield and yield components

	Kimia cultivar				Payam cultivar			
	Grains per in panicle	Thousand seed weight	Panicle number per square meter	Grain yield	Grains per in panicle	Thousand seed weight	Panicle number per square meter	Grain yield
Panicle number per square meter				0.88 **				0.82 **
Thousand seed weight			- 0.56 *	-0.39			-0.47	- 0.56 *
Number of grains per panicle		0.32	- 0.74 **	- 0.45		0.08	- 0.76 **	- 0.32
Grain yield per plant	0.94 **	0.6 *	- 0.81 **	- 0.53*	0.95 **	0.35	- 0.85 **	-0.48
Protein percent	0.27	0.24	- 0.19	0.14	0.12	0.19	- 0.24	- 0.13
Protein yield	0.56 *	- 0.46	0.93 **	0.93**	0.15	- 0.51 *	0.71 **	0.88 **

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

این همبستگی مثبت به این علت بود که با افزایش تراکم بوته، تعداد پانیکول در مترمربع بیشتر شد و عملکرد دانه و پروتئین در واحد سطح افزایش یافت. اما در رقم کیمیا، عملکرد پروتئین همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد دانه در پانیکول داشت، به‌طوری‌که همبستگی عملکرد پروتئین با تعداد دانه در پانیکول در رقم کیمیا برابرr=-۰/۵۶ بود و این همبستگی منفی به این علت بود که اگرچه با افزایش تراکم بوته، از تعداد دانه در بوته به علت رقابت کاسته می‌شود، ولی افزایش تعداد بوته در واحد سطح، جبران کاهش تعداد دانه در اثر رقابت را می‌نماید و نتیجه آن، افزایش عملکرد دانه و پروتئین در واحد سطح است. همچنین عملکرد پروتئین در رقم پیام، همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن هزار دانه داشت و این بدان معنا است که افزایش تراکم، باعث کاهش وزن دانه و افزایش عملکرد پروتئین شد.

نتیجه‌گیری کلی

نظر به اهمیت دام‌پروری در استان البرز و توسعه واحدهای دام‌پروری صنعتی به‌خصوص گسترش قابل‌توجه صنعت مرغداری در سال‌های اخیر در استان و منطقه و کمبود منابع تغذیه دام و طیور از یک طرف و از طرفی سازگاری عمومی سورگوم دانه‌ای با شرایط منطقه، انتخاب، تولید و معرفی ارقام جدید سازگار باکیفیت مطلوب و ارزش غذایی بالا از طریق رعایت مسائل به زراعی و به نژادی، یک ضرورت محسوس است که با عنایت به وجود استعدادهای بالقوه و شرایط خاص آبی و خاکی استان، باید قدم‌های مؤثری جهت توسعه و افزایش سطح کشت این گیاه برداشته شود. انتخاب تراکم و ارقام مناسب سورگوم دانه‌ای در شرایط هر منطقه، یکی از راه‌های اساسی افزایش محصول است. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که تراکم، تأثیر بسزایی بر عملکرد و اجزای عملکرد داشته است. با افزایش تراکم، عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت، چرا که در تراکم بالا گیاه بیشترین کارایی را در استفاده از منابع موجود محیطی داشت. بیشترین تغییرات اجزای عملکرد در تراکم‌های مختلف، مربوط به تغییرات وزن هزار دانه و تعداد دانه در پانیکول بود، به‌طوری‌که در تراکم‌های بالا، کمترین تعداد دانه و وزن هزار دانه به‌دست آمد. تعداد پانیکول در واحد سطح، طول پانیکول و عملکرد دانه در بوته نیز تحت تأثیر تراکم قرار گرفتند. در تراکم بالا، عملکرد دانه در بوته

کاهش یافت که این به دلیل کاهش اجزای عملکرد تک بوته در اثر رقابت بین بوته‌ها بود. با افزایش تراکم، عملکرد زیستی و پروتئین افزایش یافت، به‌شکلی‌که در فاصله بوته شش سانتی‌متر (۲۵۰ هزار بوته در هکتار،) بیشترین عملکرد زیستی و پروتئین به‌دست آمد. از این رو، بالاترین تراکم می‌تواند به‌عنوان دارنده بیشترین پتانسیل برای افزایش عملکرد دانه و پروتئین مطرح باشد. ارقام از نظر طول پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه و عملکرد زیستی و اختلاف داشتند. در این مطالعه بین ارقام و عملکرد دانه و پروتئین نیز اثرات معنی‌داری وجود داشت، به‌خصوص رقم کیمیا به دلیل داشتن صفات مورفولوژیکی خوب و همچنین به علت دیررس بودن و استفاده بیشتر از فصل رشد، دارای عملکرد دانه و پروتئین بالاتری نسبت به رقم پیام بود.

REFERENCES

1. Adams-Phillips, L., Barry, C., Kannan, P., Leclercq, J., Bouzayen, M. & Giovannoni, J. (2004). Evidence that CTR1-mediated ethylene signal transduction in tomato is encoded by a multigene family whose members display distinct regulatory features. *Plant Molecular Biology*, 54(3),387–404.
2. Bailly, C. (2004). Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*, 14, 93–107.
3. Bailly, C., El-Maarouf-Bouteau, H. & Corbineau, F. (2008). From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 806–814.
4. Beaudoin, N., Serizet, C., Gosti, F. & Giraudat, J. (2000). Interactions between bscisic acid and ethylene signaling cascades. *Plant Cell*, 12, 1103– 1115.
5. Beyer, E. M. (1976). Effect of Silver Ion, Carbon Dioxide, and Oxygen on Ethylene Action and Metabolism. *Plant Physiology*, 63, 169-173.
6. Bowler, C., Alliotte, T., Loose, M. D., Montagu, M. V. & Inze, D. (1989). The induction of manganese superoxide dismutase in response to stress in *Nicotiana plumbaginifolia*. *The EMBO Journal*, 8, 31 – 38.
7. Bradford, M. M. (1976). A dye binding assay for protein. *Annals of Biochemistr*, 72, 248-254.
8. Castilho, R. F., Meinicke, A. R., Almeida, A. M., Hermes-Lima, M. & Vercesi, A.E. (1994). Oxidative damage of mitochondria induced by Fe (II) citrate is potentiated by Ca^{+2} and includes lipid peroxidation and alteration in membrane proteins. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 308, 158-163.
9. Chang, S., Puryear, J. & Cairney, K. (1993). A simple and efficient method for isolating RNA from pine trees. *Plant Molecular Biology Reporter*, 11, 113-116.
10. Clairbone, A. (1985). Catalase activity - *Handbook of Methods for Oxygen Radical Research*. (pp, 283-284.) Boca Raton, *CRC Press*..
11. Clarke, S. M., Mur, L. A., Wood, J. E. & Scott, I. M. (2004). Salicylic acid dependent signaling promotes basal thermo tolerance but is not essential for acquired thermo tolerance in Arabidopsis thaliana. *Plant Journal*, 38, 432-447.
12. Coolbear, P.. (1995). Mechanisms of seed deterioration, *Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications*, Food Products Press, 223-277.
13. Corbineau, F., Xia, Q., Bailly, C. & El-Maarouf-Bouteau, H. (2014). Ethylene, a key factor in the regulation of seed dormancy. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-13.
14. Dong, X. (2004). NPR1, all things considered. *Current Opinion in Plant Biology*, 7, 547-552.
15. El Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, 45, 215-224.
16. Forcella, F., Benech Arnold, R. L., Sanchez, R. & Ghersa, C. M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crop Research*, 67(2), 123-139.
17. Giannopolitis, C. N. & Ries. S. K. (1977). Superoxide dismutases, I, Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, 59, 309-314.
18. Haji Abbasi, M., Tavakkol Afshari, R Abbasi, A. R & Kamaei, R. (2020). The effect of ACC and salicylic acid on germination and GAI1 and LOX2 genes expression in deteriorated soybean seeds (Glycine max). *Iranian Journal of Seed Research*, 6(2), 61-79.
19. Hampton, J. G. & Tekrony, D. M. (2005). Handbook of vigour test methods (3rd ed). *The International Seed Testing Association*, 70-72.
20. Ievinsh. G. (1992). Soluble lipoxygenase activity in rye seedlings as related to endogenous and exogenous ethylene and wounding. *Plant Science*, 82, 155-159.

21. International Seed Testing Association. (2009). International Rules for Seed Testing. Zurichtstr.50. CH 8303, Bassersdorf, *Switzerland*.
22. Job, C., Rajjou, L., Lovigny, Y., Belghazi, M. & Job, D. (2005). Patterns of protein oxidation in Arabidopsis seeds and during germination. *Plant Physiology*, 138, 790–802.
23. Johnson, C., Boden. E. & Arias. J. (2003). Salicylic acid and NPR1 induce the recruitment of trans-activating TGA factors to adefense gene promoter in Arabidopsis. *Plant Cell*, 15,1846–58.
24. Kibinza, S., Bazin, J., Bailly, C., Farrant, J. M., Corbineau, F. & El-Maarouf-Bouteau, H. (2011). Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Science*,181, 309–315.
25. Kieber, J. J., Rothenburg, M., Roman, G., Feldmann, K. A. & Ecker, J. R. (1993). CTR1, a negative regulator of the ethylene response pathway in Arabidopsis, encodes a member of the raf family of protein kinases. *Cell*, 72, 427-441.
26. Kozarewa, I., Cantliffe, D. J., Nagata, R. T. & Stoffella, P. J. (2006). High maturation temperature of lettuce seeds during development increased ethylene production and germination at elevated temperatures. *American Horticulture Science*, 131, 564–570.
27. Lee, G. J., Wu, X., Shannon, J. G., Sleper, D. A. & Nguyen, H. T. (2007). Genome mapping and molecular breeding in plants. In *Oilseeds*, Volume II, ed. Kole, C. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, pp. 21-53.
28. Malenčić, D. J., Vasić, D., Popović, M. & Dević, D. (2004). Antioxidant systems in sunflower as affected by oxalic acid. *Biologia Plantarum*, 48, 243-247.
29. Marshal, A. H., & Lewis, D. N. (2004). Influence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperature forage grasses. *Seed Science and Technology*, 32(2), 493-501.
30. Masia, A. (1998). Superoxide dismutase and catalase activities in apple fruit during ripening and post-harvest and with special reference to ethylene. *Physiologia Plantrum*, 104, 668-672.
31. Matilla, A. J. (2000). Ethylene in seed formation and germination. *Seed Science Research*, 10, 111-126.
32. Mc Donald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, 27(1), 177-237.
33. McDonald, M. B. (2004). Orthodox seed deterioration and its repair. *In* Handbook of seed physiology applications to agriculture. Food Products Press. Volume II, ed. Benech, R.L. and Sanchez, R.A. (Food *Products Press*, 2004), pp.273-304.
34. McGivern, J. J., Ganger, M. T., & Ewing, S. J. (2013). FT and NPR1 expression patterns in Arabidopsis thaliana during flowering and in response to salicylate. *Preliminary Report BIOS*, 84(4), 241-249.
35. Mira, S., Estrelles, E., Gonzalez-Benito, M. E. & Corbineau, F. (2011). Biochemical changes induced in seeds of *Brassicaceae* wild species during ageing *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1803–1809.
36. Mou, Z., Fan, W. & Dong, X. (2003). Inducers of plant systemic acquired resistance regulate NPR1 function through redox changes. *Cell*, 113, 935–944.
37. Nandi, A., Kachroo, P., Fukushige, H., Hildebrand, D. F., Klessig, D. F. & Shah, J. (2003). Ethylene and jasmonic acid signaling affect the NPR1-Independent expression of defense genes without impacting resistance to *Pseudomonas syringae* and *Peronospora parasitica* in the *Arabidopsis ssi1* Mutant. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16. 588–599.
38. Narayana Murthy, U. M., Prakash, P. K. & Wendell, Q. S. (2002). Mechanisms of seed aging under different storage conditions for *vigna radiate* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, maillard reactions and their relationship to lass state transition. *Journal of Experimental Botany*, 54 (348), 1057-1067.
39. Novika, G. V., Moshkov, I. E., Smith, A. R. & Hall M. A. (2000). The effect of ethylene on MAPkinase-like activity in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Lett*, 474(1), 29-32.
40. Ouaked, F., Rozhon, W., Lecourteux, D. & Hirt, H. (2003). A MAPK pathway mediates ethylene signaling in plants. *EMBO Journal*, 22(6), 1282-1288.
41. Paula, M. D., Perez-Otaola, M., Darder, M., Torres, M., Frutos, G., & Martinez-Honduvilla, C. J. (1996). Function of ascorbate-glutathione cycle in aged sunflower seeds. *Physiologia Plantarum*, 96, 543-550.
42. Polle, A., Otter, T. & Seifert, F. (1994). Apoplastic peroxidases and lignification in needles of Norway spruce (*Picea abies* L.). *Plant Physiology*, 106, 53–60.
43. Rivas-San Vicente, M. & Javier Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defense: Its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3321–3338.
44. Sharma, S., Virdi. P., Gambhir, S. & Munshi, S. K. (2005). Changes in soluble sugar content and antioxidant enzymes in soybean seeds stored under different storage conditions. *Agricultral Biochemistry*, 18, 9–12.
45. Shelar, V. R., Shaikh, R. S. & Nikam, A. S. (2008). Soybean seed quality during storage: A review. *Agricultural Reviews*, 29(2), 125-131.

46. Stewart, R. R. C. & Bewley, D. J. (1980). Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 65, 245-248.
47. Tada, Y., Spoel, S. H., Pajerowska Muhktar Mou, K. Z. & Song, J. (2008). Plant immunity requires conformational changes of NPR1 via S-nitrosylation and thioredoxins. *Science*, 321, 952–56.
48. Van Loon, L.C., Rep, M. & Pieterse, C. M. J. (2006). Significance of Inducible Defense-related proteins in infected plants. *Phytopathology*, 44, 135-162.
49. Vranova, E., Inze, D. & Breusegem, V. (2002). Signal transduction oxidative stress. *Journal of Exprimental Botany*, 53(372), 1227-1236.
50. Wettlaufer, S. & Leopold, A. C. (1991). Relevance of amadori and maillard products to seed deterioration. *Plant Physiology*, 97, 165-1 69.
51. Yin, X., Chen, K., Allan, A. C., Wu, R. M., Zhang, B., Lallu, N. & Ferguson, I. B. (2008). Ethylene-induced modulation of genes associated with the ethylene signaling pathway in ripening kiwifruit. *Journal of Experimental Botany*, 59 (8), 2097–2108.