

Research paper

Evaluation of the Genotype × Environment Interaction on Agronomic Traits and Seed Yield Stability in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Genotypes Using the GGE Biplot Method

Farooq Fadakar Navrood¹, Rasool Asghari Zakaria² , Marefat Mostafavi Rad³,
Nasser Zare² and Mina Moghaddaszadeh Ahrabi⁴

1- Ph.D student of Plant Genetics and Breeding, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Professore, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding author: r-asghari@uma.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Horticulture and Agronomy, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Guilan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

4- Assistant Professor, Department of Cellular and Molecular Biology, Faculty of Biology, Mizan University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 2 October, 2023

Revised: 31 December, 2023

Accepted: 7 January, 2024

Available Online: 6 May, 2024

Extended Abstract

Background: The production of peanuts (*Arachis hypogaea* L.) as one of the vital industrial plants is affected by the environment, genotype, and their interaction. Therefore, the environment × genotype interaction on peanut yield should be evaluated before the introduction of cultivars. Evaluation of the genotype × environment interaction provides valuable information regarding the performance of plant cultivars in different environments. It plays a crucial role in evaluating the stability of the performance of breeding materials. This experiment evaluated the stability and yield of superior peanut genotypes in three regions of Guilan province, Iran, in the 2018 and 2019 crop years.

Methods: In this study, the top 10 peanut genotypes (130, 140, 113, 115, 128, 176, 178, 192, 201, and 208 from ICRISAT) along with the NC2 variety as a control were assessed in a complete randomized block design trial with three replications across three regions Rasht, Masal, and Talash. Each plot comprised six lines, each with 5 m long, 50 cm row spacing, and 20 cm plant spacing. Upon reaching physiological ripeness, a 5-m² area was harvested from the middle four rows of each plot after removing 0.5 m from both ends to eliminate marginal effects. The plant height (cm), average number of sub-branches per plant, number of pods per plant, and number of seeds per pod were randomly recorded and counted from 10 plants. After drying, biomass, pod, and seed yields were calculated in kg/ha. Following seed separation from the shell, five random samples of 100 seeds were taken from each plot to measure the 100 seed weight (HSW). Additionally, the length and width of peanut pods and seeds were recorded (in mm) using a digital caliper. To determine seed oil percentage, 150 g of peanut seeds were randomly selected from each plot, and their oil percentage was measured using the Soxhlet method after grinding the samples. Composite variance analysis was conducted after ensuring the uniformity of experimental error, and the mean traits were compared using the least significant difference (LSD) method. The stability of peanut genotypes was assessed using the GGE bi-plot analysis.

Results: The variance analysis revealed that the interaction of location × genotype significantly affected the peanut plant's height, sub-branches, and pod diameter at a one percent probability level. Additionally, the year × location × genotype interaction significantly affected other traits such as pods per plant, seeds per pod, HSW, pod yield, seed yield, seed oil percentage, oil yield, shell yield, pod length, and peanut seed length and width at the 1% probability level. Notably, genotype 208 in the Rasht region exhibited the tallest average plant height (103.5 cm), which was not significantly different from line 201. Furthermore, the highest number of peanut pods (31.72 pieces) was observed for genotype 128 in the Rasht region in the first crop year, showing no



significant difference with line 128 in the first and second crop years. Significant differences were also noted in the number of seeds per pod across different genotypes and regions. For instance, the second crop year in the Rasht region and genotype 113 yielded the highest peanut HSW (71.45 g), which was not significantly different from some lines in the two crop years in the Masal and Rasht regions. Furthermore, the pod yield of genotype 192 in the first crop year was superior in Rasht (5583 kg/ha), Masal (5233 kg/ha), and Talash (4166 kg/ha) regions compared to the other genotypes. Genotype 192 exhibited the highest seed yield (3777 kg/ha) in the first crop year in Rasht, representing a 133% increase compared to the control (NC2). These results underscore the significant influence of climatic conditions on peanut seed yield and the genetic potential variations among different genotypes in diverse regions. Additionally, genotype 192 in the first cropping year and Rasht region attained the highest peanut oil yield (1841 kg/ha), aligning with findings from other researchers regarding varying oil yields among different peanut lines.

Conclusion: Based on the findings of this study, all traits measured in peanuts were impacted by the interaction of genotype and environment. Line 192 displayed significantly superior quantitative and qualitative performance of peanut seeds to the NC2 variety, known as the Goli native variety, and the other studied lines. The increase in the number of pods per plant, seeds per pod, and the peanut HSW were important agronomic indicators in improving the performance of line 192 in the Guilan region. The results indicated that the interaction effect of genotype and environment led to changes in the yield components, resulting in changes in the yield of peanut seeds and pods per unit area, with the oil yield increasing in parallel with the grain yield. Using the GGE bi-plot method to evaluate performance stability, peanut line 192 was identified as a high-yielding line with high performance and stability in all environments. Therefore, groundnut genotype 192 is recommended for achieving the highest seed yield in the region's climatic conditions.

Keywords: GE interaction, Multi-environment experiments, Oil crops, Stability, Yield

How to Cite This Article: Fadakar Navrood, F., Asghari Zakaria, R., Mostafavi Rad, M., Zare, N., & Moghaddaszadeh Ahrabi, M. (2024). Evaluation of the Genotype x Environment Interaction on Agronomic Traits and Seed Yield Stability in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Genotypes Using the GGE Biplot Method. *J Crop Breed*, 16(2), 29-41. DOI: 10.61186/jcb.16.2.29

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از مهمترین دانه‌های روغنی خانواده لگومها محسوب می‌گردد و دانه آن حاوی ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و ۲۵ تا ۲۸ درصد پروتئین و کنجاله آن پس از روغن‌کشی دارای ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین است (Kaba et al., 2014). سطح زیر کشت بادام‌زمینی در مقیاس جهانی حدود ۲۵/۶ میلیون هکتار و در ایران حدود ۳/۱ هزار هکتار می‌باشد (FAO, 2021) که حدود ۹۰ درصد بادام‌زمینی ایران در استان گیلان و به‌ویژه در منطقه آستانه اشرفیه تولید می‌شود (Nobahar et al., 2019). رقم غالب فعلی بادام‌زمینی در منطقه به‌نام گلی یا NC₂ می‌باشد که دارای شاخص برداشت پایین و دوره رشد طولانی در منطقه است. لذا استفاده از ژرم‌پلاسم جدید یکی از اولین راه‌های توسعه ارقام زودرس و پرمحصول در منطقه می‌باشد.

به‌نژادی لاین‌های زراعی برای عملکرد اولین راهکاری است که می‌تواند تولید دانه را در کشورهای تحت کشت بادام‌زمینی بهبود بخشد (Nigam et al., 1991) که براساس مدیریت و شرایط محیطی مختلف انجام می‌شود (Zurweller et al., 2018). شرایط محیطی مهمترین و قوی‌ترین عامل تنوع برای صفات زراعی در بادام‌زمینی می‌باشند (Bonchev et al., 2018) و لاین‌های مختلف بادام‌زمینی در مناطق مختلف پتانسیل عملکرد مختلفی نشان می‌دهند (Kasno and Trustinah, 2015). بنابراین، مطالعه پایداری بادام‌زمینی، یکی از ضروری‌ترین فاکتورهای لازم برای افزایش پتانسیل عملکرد این گیاه در مناطق مختلف است (Shorter and Norman, 1983). محققان نشان دادند که عملکرد بادام‌زمینی شدیداً به شرایط محیطی بستگی دارد (Giayetto et al., 2013; Gulluoglu et al., 2016b). در آزمایشات دیگری گزارش شده است که عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی بادام‌زمینی نظیر تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف و وزن ۱۰۰ دانه تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد (Gulluoglu et al., 2017; Kurt et al., 2017). شرایط محیطی و اقلیمی کمیّت و کیفیت دانه بادام‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Gebre and Wondewosen, 2017; Shiferaw, 2017).

ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ × محیط اطلاعات ارزشمندی در رابطه با عملکرد ارقام گیاهی در محیط‌های مختلف فراهم می‌کند و نقش مهمی در ارزیابی پایداری عملکرد مواد اصلاحی دارد (Taleghani and Saremirad, 2022). ژنوتیپ‌های پایدار، عکس‌العمل‌های مشابهی را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهند (Karadavut et al., 2010). بدین ترتیب، ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ × محیط برای انتخاب پایدارترین ژنوتیپ با عملکرد بهینه، برای هر منطقه ضرورتی انکارناپذیر است. یکی از روش‌های مهم برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف، روش GGE بای‌پلات است که اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط را در یک نمودار واحد نشان می‌دهد و مقایسه ژنوتیپ‌ها و برهمکنش آنها را با محیط‌ها آسان‌تر می‌کند (Gauch and Zobel, 1996). ابزار GGE بای‌پلات امکان شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا و پایدار را در

محیط‌های کلان فراهم می‌سازد (Karimizadeh et al., 2013). همچنین، یافتن بهترین ژنوتیپ برای هر محیط، پایداری ژنوتیپ و تمایز هر محیط را میسر می‌کند (Samonte et al., 2005). هدف این آزمایش، بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های پیشرفته بادام‌زمینی در سه منطقه از استان گیلان با استفاده از ابزار GGE بای‌پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر بادام‌زمینی جهت توسعه ارقام جدید در مناطق مختلف و افزایش عملکرد دانه بادام‌زمینی در واحد سطح بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها و تعیین ژنوتیپ برتر بادام‌زمینی، در این آزمایش تعداد ۱۰ ژنوتیپ بادام‌زمینی با منشأ ICRISAT^۱ حاصل از آزمایشات مقدماتی ژنوتیپ‌های جدید در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان به‌همراه رقم NC₂ به‌عنوان شاهد به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سه منطقه رشت، تالش و ماسال کشت شدند. رقم NC₂ معروف به رقم محلی گلی دارای تیپ نیمه برافراشته، گل‌های زرد رنگ و سازگاری خوبی با شرایط اقلیمی منطقه می‌باشد و سال‌های زیادی است که در منطقه کشت می‌شود. دانه‌های رقم NC₂ نسبتاً درشت با محتوای روغن بالا است و برای مصرف آجیلی و روغن‌گیری مناسب است. قبل از انجام آزمایش، یک نمونه مرکب از خاک مزرعه از عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه و برای تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز ارسال گردید (جدول ۱). عملیات آماده‌سازی مزرعه در فروردین ماه و کاشت ژنوتیپ‌های بادام‌زمینی در سه منطقه در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه هر سال انجام شد. پارامترهای اقلیمی منطقه اجرای آزمایش در طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در جدول ۲ ارائه شده است. کوددهی در هر دو سال یکسان و براساس نتایج آزمون خاک انجام گردید و مقدار ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم اوره به‌عنوان نیتروژن آغازگر قبل از عملیات کاشت و به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه پاشیده شد و به‌وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. فاصله ردیف‌های کاشت بادام‌زمینی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر و هر کرت شامل ۶ خط به طول ۵ متر بود. دانه‌های بادام‌زمینی با تراکم ۱۵ بوته در متر مربع با دست کشت گردید و از طریق تنک کردن در مرحله ۴ تا ۶ برگگی تراکم مطلوب ۱۰ بوته در متر مربع حفظ گردید. علف‌های هرز به‌روش وجین دستی در دو مرحله ۴ تا ۶ برگگی و مرحله نمو غلاف‌ها و مصادف با خاک‌دهی پای بوته‌های بادام‌زمینی کنترل گردید.

در پایان دوره رشد و هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک دانه بادام زمینی (پیدایش رگه‌های قهوه‌ای رنگ بر روی غلاف‌ها)، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت (حذف اثر حاشیه‌ای) از چهار ردیف وسطی در سطحی معادل پنج متر مربع از هر کرت برداشت شد. ارتفاع بوته با خط‌کش و برحسب سانتی‌متر و میانگین تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف از ۱۰ بوته به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و شمارش شد و عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه پس از خشک کردن بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. پس از جدا کردن دانه‌ها از پوسته تعداد ۵ نمونه تصادفی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی اشتباه آزمایشی برای صفات اندازه‌گیری شده در دو سال زراعی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین صفات زراعی اندازه‌گیری شده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. همچنین، تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های بادام‌زمینی با استفاده از روش تجزیه GGE بای‌پلات صورت گرفت (Abate et al., 2015).

۱۰۰ تایی بذر از هر کرت برداشت و وزن ۱۰۰ دانه با ترازوی دقیق تعیین گردید. همچنین، تعداد ۲۵ دانه تصادفی از هر کرت برداشت گردید و طول و عرض غلاف و دانه بادام زمینی با کولیس دیجیتالی و برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد روغن دانه مقدار ۱۵۰ گرم از دانه‌های بادام‌زمینی هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از آسیاب کردن نمونه‌ها، درصد روغن آنها در آزمایشگاه دانه‌های روغنی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران، به‌روش سوکسله اندازه‌گیری گردید (Latif and Anwar, 2008).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در سه منطقه

Table 1. Physico-chemical properties of experimental field soil in three regions

منطقه	بافت خاک	شن (درصد)	لوم (درصد)	رس (درصد)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیترژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	عمق برداشت نمونه (سانتی‌متر)
Location	Soil texture	Silt (%)	Clay (%)	Clay (%)	Available potassium (mg kg ⁻¹)	Available phosphorus (mg kg ⁻¹)	Total nitrogen (%)	Organic carbon (%)	Electrical conductivity (dS/m)	pH	Soil depth (cm)
رشت	لومی شنی	30.8	43.6	25.6	167.4	9.8	0.151	0.43	5.62	7.3	30-0
Rasht	Silty-sand	30.8	43.6	25.6	167.4	9.8	0.151	0.43	5.62	7.3	30-0
تالش	شنی رسی	76.2	10.1	13.7	210	9.3	0.171	0.39	5.31	6.9	30-0
Talesh	Sandy-clay	76.2	10.1	13.7	210	9.3	0.171	0.39	5.31	6.9	30-0
ماسال	رسی شنی	30.3	23.2	46.5	220	10.5	0.184	0.51	4.22	6.4	30-0
Masal	Clay-sand	30.3	23.2	46.5	220	10.5	0.184	0.51	4.22	6.4	30-0

جدول ۲- پارامترهای اقلیمی مناطق در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 2. Climatic parameters of regions in 2018 and 2019 cropping seasons

ماه‌ها	منطقه	2019					2018				
		میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)	رطوبت نسبی (درصد)	میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)	رطوبت نسبی (درصد)
Months	Location	Average of minimum temperature (°C)	Average of maximum temperature (°C)	Average of temperature (°C)	Rainfall (mm)	Average of humidity (%)	Average of minimum temperature (°C)	Average of maximum temperature (°C)	Average of temperature (°C)	Rainfall (mm)	Average of humidity (%)
April	رشت	8.7	18.5	13.6	74.4	74.4	8.7	18.5	13.6	74.4	74.4
May		14.2	24.3	19.3	38.7	72.8	14.2	24.3	19.3	38.7	72.8
June		18.2	27.6	22.9	48.8	74.2	18.2	27.6	22.9	48.8	74.2
July		23	33.2	28.1	30.7	73.2	23	33.2	28.1	30.7	73.2
August		22.7	31	26.9	68.3	76.2	22.7	31	26.9	68.3	76.2
September		19.7	30.4	25.1	13.6	73.5	19.7	30.4	25.1	13.6	73.5
April		8.3	15.3	11.8	21.7	79	8.3	15.3	11.8	21.7	79
May		13.6	21.6	17.6	18.3	76	13.6	21.6	17.6	18.3	76
June		17.8	25.5	21.7	78.5	74.5	17.8	25.5	21.7	78.5	74.5
July	ماسال	22.6	32.4	27.5	17.7	67.5	22.6	32.4	27.5	17.7	67.5
August		23.2	30.5	26.9	95	69.4	23.2	30.5	26.9	95	69.4
September		20.5	28.3	24.4	96.7	73	20.5	28.3	24.4	96.7	73
April		8.4	16.5	12.5	25.1	77.1	8.4	16.5	12.5	25.1	77.1
May		13.7	22.2	18	37.3	77.3	13.7	22.2	18	37.3	77.3
June		18.1	25.6	21.9	104.4	176	18.1	25.6	21.9	104.4	176
July	تالش	22.7	31.8	27.3	19.6	72.1	22.7	31.8	27.3	19.6	72.1
August		22.9	29.9	26.4	50.8	73.8	22.9	29.9	26.4	50.8	73.8
September		20.9	28	24.5	75.2	76.2	20.9	28	24.5	75.2	76.2

نتایج و بحث ارتفاع بوته

معنی‌دار بود (جدول ۳) که مشابه با نتایج دیگر محققان بود (Teklu et al., 2014). براساس مقایسه میانگین برهمکنش دو جانبه مکان × ژنوتیپ، بیشترین ارتفاع بوته بادام‌زمینی (۱۰۳/۵ سانتی‌متر) به ژنوتیپ ۲۰۸ و منطقه رشت اختصاص داشت که تفاوت معنی‌داری با لاین ۲۰۱ نشان نداد (جدول ۴). محققان دیگر نیز گزارش کردند که ارقام بادام‌زمینی از نظر ارتفاع بوته، تفاوت معنی‌داری داشتند (Chaudhari et al., 2019; Ratchanee Puttha, 2017). محققان همچنین نشان دادند که ژنوتیپ‌های بادام‌زمینی، از نظر صفات ارتفاع ساقه اصلی بیشترین تنوع ژنتیکی را داشتند (Golaktya and

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش دوجانبه مکان × ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته بادام زمینی، تعداد شاخه‌های فرعی و قطر غلاف در سطح احتمال یک درصد داشت و برهمکنش سه‌جانبه سال × مکان × ژنوتیپ بر دیگر صفات اندازه‌گیری شده نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد غلاف، عملکرد دانه، درصد روغن دانه، عملکرد روغن، عملکرد پوسته، طول غلاف، طول و عرض دانه بادام‌زمینی در سطح احتمال یک درصد

همراه نبود. نتایج بیانگر آن است که تعداد غلاف در بوته برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه بادامزمینی شرط لازم است ولی کافی نیست و تنها غلاف‌هایی می‌توانند سبب افزایش عملکرد دانه گردند که بتوانند دوره رشد طبیعی خود را در داخل خاک سپری نمایند (Nobahar et al., 2019).

تعداد دانه در غلاف

در این آزمایش، ژنوتیپ شماره ۱۹۲ در سال زراعی اول و منطقه رشت بیشترین تعداد دانه در غلاف (۱/۹۰ عدد) را نشان داد که تفاوت معنی‌داری با لاین‌های ۱۲۰ و ۲۰۱ در سال دوم زراعی نداشت (جدول ۵). در این آزمایش، از نظر تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از سالی به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر وجود داشت که با نتایج دیگر محققان مشابه بود (Oteng-Frimpong et al., 2017). محققان دیگری نشان دادند ارقام بادامزمینی از نظر تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری داشتند (Chaudhari et al., 2019; Ratchanee Puttha, 2017; al., 2017) و تحت تأثیر برهمکنش محیط و ژنوتیپ قرار می‌گیرد (Safari et al., 2008).

وزن صد دانه

نتایج نشان داد که بیشترین وزن صد دانه بادامزمینی (۷۱/۴۵ گرم) در سال دوم زراعی و منطقه رشت و ژنوتیپ شماره ۱۱۳ مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با برخی لاین‌ها در سال‌های مختلف زراعی در مناطق ماسال و رشت نداشت (جدول ۵). محققان در مطالعه مشابه‌ای دریافتند که وزن صد دانه بادامزمینی تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار گرفت (Safari et al., 2008) و تفاوت بسیار معنی‌داری بین تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بادامزمینی برای صفت وزن صد دانه وجود داشت (Oteng-Frimpong et al., 2017). نتایج نشان داد که شرایط محیطی از سالی به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر از طریق تأثیر بر روند تشکیل غلاف‌ها، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه می‌تواند عملکرد ژنوتیپ‌های بادامزمینی را تحت تأثیر قرار دهد که بسته به نوع ژنوتیپ بادامزمینی می‌تواند متفاوت باشد.

(Makne, 1991). نتایج نشان داد که برهمکنش محیط و ژنوتیپ بر رشد طولی لاین‌ها معنی‌دار بود و ژنوتیپ ۲۰۸ با بیشترین رشد طولی، پتانسیل بالایی برای تولید علوفه داشت. با این توصیف، افزایش رشد طولی نتوانست دستیابی به حداکثر عملکرد غلاف و دانه را در بادامزمینی تضمین نماید. دلیل این امر، می‌تواند تشکیل تعداد بیشتری از پگ‌ها در ارتفاع بالاتر و عدم امکان رسیدن آنها به داخل خاک باشد. بنابراین، افزایش رشد طولی معیار مطلوبی برای ارتقاء عملکرد دانه بادامزمینی محسوب نمی‌شود (Nobahar et al., 2019).

تعداد شاخه‌های فرعی در بوته

بر اساس نتایج این آزمایش، حداکثر تعداد شاخه‌های فرعی (۱۲/۸۶ عدد) در بوته بادامزمینی به ژنوتیپ ۱۱۵ در منطقه رشت اختصاص داشت و تفاوت معنی‌داری با لاین‌های ۱۲۸ و ۲۰۱ نشان نداد (جدول ۳). نتایج این آزمایش با یافته‌های تحقیقاتی دیگر محققان در بادامزمینی مطابقت داشت که نشان دادند صفات مورفولوژیک و زراعی در بادامزمینی تفاوت معنی‌داری داشت (Safari et al., 2008). در آزمایش دیگری گزارش شده است که ارقام مختلف بادامزمینی از نظر تعداد شاخه‌های فرعی در بوته تفاوت معنی‌داری نداشتند (Chaudhari et al., 2017; Ratchanee Puttha, 2019). این تفاوت می‌تواند ناشی از اختلاف در منابع ژنتیکی و شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه باشد.

تعداد غلاف در بوته

بیشترین تعداد غلاف بادامزمینی (۳۱/۷۲ عدد) در سال زراعی اول در ژنوتیپ ۱۲۸ و در منطقه رشت به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با لاین ۱۲۸ در سال‌های زراعی اول و دوم نشان نداد (جدول ۵). در آزمایش دیگری گزارش شده است که لاین‌های مختلف بادامزمینی از نظر تعداد غلاف در بوته متفاوت بودند و به‌شدت تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار گرفتند (Gulluoglu et al., 2016b; Arioglu et al., 2016; Kurt et al., 2017). تعداد غلاف در بوته یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تولید دانه بادامزمینی به‌شمار می‌رود (Stamatov and Deshev, 2015). ولی، در این آزمایش، افزایش تعداد غلاف در بوته با حداکثر عملکرد دانه بادامزمینی

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات زراعی در ژنوتیپ‌های بادامزمینی در مناطق و سال‌های مختلف
Table 3. Combined analysis of variance (mean squares) of agronomic characteristics in peanut genotypes in different regions and cropping seasons

منبع تغییرات S.O.V	df	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Seed yield	شاخه فرعی در بوته Secondary branche per plant	غلاف در بوته Pod per plant	دانه در غلاف Seed per pod	وزن صد دانه 100-seed weight	عملکرد غلاف Pod yield
سال (Y)	1	111.97**	31062.63ns	0.058ns	45.67**	0.447**	187.03**	1219654.55**
منطقه (L)	2	321.48**	19755402.65**	321.017**	1109.54**	0.034**	23.40*	33576995.45**
Y×L	1	636.78**	4191319.82**	5.897*	189.11**	0.098**	140.00**	3207631.82**
Rep (Y×L)	12	60.36	136962.63	3.828	21.32	0.034	20.23	229987.88
ژنوتیپ (G)	10	590.75**	1956892.07**	14.14**	82.14**	0.022**	160.80**	2444643.43**
L×G	20	353.18**	396624.46**	6.21**	21.02**	0.025**	54.12**	385726.10**
Y×G	10	3.53ns	98118.74**	0.024ns	11.76**	0.008**	12.51*	115332.32**
Y×L×G	20	3.76ns	103992.18**	0.029ns	10.81**	0.008**	17.63**	102551.26**
اشتباه Error	120	15.09	164.9263	1.402	4.57	0.003	5.65	33324.0
ضریب تغییرات CV(%)	-	6.24	8.03	14.36	10.31	3.32	4.01	5.16

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

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات زراعی در ژنوتیپ‌های بادامزمینی در مناطق و سال‌های مختلف
Continued table 3. Combined analysis of variance (mean squares) of agronomic characteristics in peanut genotypes in different regions and cropping seasons

Seed diameter	Seed length	Pod diameter	Pod length	عملکرد پوسته	عملکرد روغن	روغن دانه	منبع تغییرات
قطر دانه	طول دانه	قطر غلاف	طول غلاف	Shell yield	Oil yield	Seed oil	S.O.V
1.62**	7.26**	59.71**	228.48**	1042188.01**	23302.54ns	44.98**	سال (Y)
6.26**	22.63**	26.22**	415.97**	1782071.59**	4223059.65**	273.33**	منطقه (L)
11.59**	32.95**	105.09**	505.61**	879651.64**	1375152.01**	78.87**	Y×L
3.01	8.23	6.70	41.22	37641.16	34975.98	4.76	تکرار Rep (Y×L)
1.64**	4.96**	12.15**	35.92**	67905.40**	537214.41**	20.36**	ژنوتیپ (G)
1.33**	12.85**	2.40**	13.35**	96476.31**	110313.01**	13.63**	L×G
0.48**	6.05**	0.85ns	7.49**	25804.94**	32364.53**	0.20*	Y×G
0.58**	6.10**	0.59ns	9.21**	34711.91**	27846.57**	0.19*	Y×L×G
0.063	0.507	0.56	2.35	6208.52	8426.36	0.32	اشتباه Error
3.63	4.76	5.33	4.64	5.30	8.75	6.26	ضریب تغییرات (CV%)

ns, ** و * : به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns, ** and * : Non significant, significant at 1 and 5 % probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های بادامزمینی تحت تأثیر برهمکنش محیط × ژنوتیپ
Table 4. Mean comparison of some measured characteristics in peanut genotypes affected by environment × genotype interaction

قطر غلاف (میلی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	ژنوتیپ	مکان
Pod diameter (mm)	Secondary branches number per plant	Plant height (cm)	Genotype	Location
13.40 ^{cd}	10.16 ^{bc}	52.16 ^c	130	رشت Rasht
14.57 ^{cd}	7.51 ^{cd}	75.50 ^d	140	
12.49 ^e	9.41 ^{cd}	92.66 ^d	113	
13.62 ^d	12.86 ^a	75.33 ^d	115	
12.06 ^e	11.61 ^{ab}	82.66 ^c	128	
13.61 ^d	9.88 ^c	85.33 ^c	176	
14.29 ^{cd}	10.71 ^{bc}	104.83 ^b	178	
13.08 ^{de}	10.45 ^{bc}	94.66 ^b	192	
12.49 ^e	11.90 ^{ab}	100.50 ^a	201	
12.91 ^{de}	11.46 ^b	103.50 ^a	208	
14.09 ^{cd}	10.06 ^c	77.50 ^d	NC2	
15.46 ^{abc}	7.16 ^{de}	55.21 ^g	130	ماسال Masal
14.90 ^d	5.63 ^e	57.81 ^g	140	
13.11 ^{de}	7.96 ^d	55.16 ^g	113	
13.82 ^d	6.73 ^e	57.36 ^g	115	
11.94 ^f	8.70 ^d	57.45 ^g	128	
13.52 ^d	6.50 ^e	53.73 ^g	176	
14.15 ^d	9.06 ^{cd}	59.54 ^f	178	
15.17 ^{bcd}	10.46 ^{bc}	65.26 ^f	192	
12.01 ^e	9.46 ^{cd}	54.92 ^g	201	
14.80 ^c	8.16 ^d	56.03 ^g	208	
13.78 ^d	8.83 ^d	58.25 ^g	NC2	
15.82 ^{ab}	5.98 ^e	35.25 ^j	130	تالش Talesh
16.04 ^a	5.91 ^e	40.88 ^{hi}	140	
13.36 ^d	5.36 ^f	39.98 ^{hi}	113	
15.88 ^{ab}	5.90 ^f	42.51 ^{hi}	115	
15.05 ^{bc}	6.88 ^d	51.81 ^h	128	
15.49 ^{abc}	6.33 ^e	40.78 ^{hi}	176	
15.57 ^{abc}	5.96 ^f	38.80 ^{hj}	178	
15.45 ^{abc}	6.63 ^d	54.25 ^h	192	
13.90 ^d	6.40 ^f	43.45 ^{hi}	201	
14.61 ^{cd}	6.30 ^f	42.45 ⁱ	208	
15.83 ^b	5.78 ^f	36.25 ^j	NC2	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد از آزمون LSD ندارند
Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level on the basis of LSD test.

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده در بادامزمینی تحت تأثیر برهمکنش سال × مکان × ژنوتیپ
Table 5. Mean comparison of some measured characteristics in peanut genotypes influenced by location × year × genotype interaction

سال	ژنوتیپ	تعداد غلاف در بوته			تعداد دانه در غلاف			وزن ۱۰۰ دانه (گرم)			عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)		
		تالش	ماسال	رشت	تالش	ماسال	رشت	تالش	ماسال	رشت	تالش	ماسال	رشت
Year	Genotype	Talesh	Masal	Rasht	Talesh	Masal	Rasht	Talesh	Masal	Rasht	Talesh	Masal	Rasht
۱۳۹۸	130	21.05 ^{cd}	16.60 ^{de}	1.74 ^{bc}	1.60 ^f	1.46 ^{ef}	57.20 ^{cd}	57.46 ^{cd}	3986.66 ^h	2966.66 ^h	2533.33 ⁱ	2783.33 ⁱ	2766.66 ⁱ
	140	18.52 ^{de}	19.17 ^d	1.72 ^{bc}	1.60 ^f	1.51 ^f	60.49 ^{bc}	61.74 ^{bc}	3950.00 ^{ef}	3166.66 ^{gh}	2783.33 ⁱ	3383.33 ⁱ	2766.66 ⁱ
	113	23.48 ^c	21.63 ^{cd}	1.73 ^{bc}	1.62 ^{cd}	1.59 ^{def}	55.59 ^{cd}	58.04 ^{cd}	4250.00 ^{de}	3383.33 ⁱ	2766.66 ⁱ	3383.33 ⁱ	2766.66 ⁱ
	115	25.08 ^{bc}	19.72 ^d	1.53 ^{def}	1.67 ^{cd}	1.58 ^{def}	62.53 ^{bc}	62.53 ^{bc}	4033.33 ^{de}	3116.66 ^{gh}	2850.00 ^h	3116.66 ^{gh}	2850.00 ^h
	128	27.56 ^b	22.84 ^{cd}	1.81 ^b	1.61 ^{cd}	1.63 ^{de}	58.33 ^{cd}	63.16 ^{bc}	4566.66 ^g	3783.33 ^{gh}	3100.00 ^h	3783.33 ^{gh}	3100.00 ^h
	176	27.59 ^b	19.29 ^d	1.70 ^c	1.60 ^{de}	1.52 ^{def}	55.35 ^d	55.35 ^d	4300.00 ^f	3200.00 ^g	2716.66 ⁱ	3200.00 ^g	2716.66 ⁱ
	178	22.28 ^{cd}	19.35 ^d	1.63 ^{de}	1.60 ^{de}	1.59 ^{def}	58.35 ^{cd}	64.39 ^{ab}	4166.66 ^g	3066.66 ^{gh}	2833.33 ⁱ	3066.66 ^{gh}	2833.33 ⁱ
	192	29.40 ^{ab}	22.97 ^{cd}	1.90 ^a	1.68 ^{cd}	1.67 ^{cd}	61.95 ^b	67.71 ^{ab}	5583.33 ^e	4166.66 ^g	3683.33 ⁱ	4166.66 ^g	3683.33 ⁱ
	201	25.50 ^{bc}	21.87 ^{cd}	1.64 ^{de}	1.63 ^{de}	1.59 ^{def}	56.54 ^{cd}	56.54 ^{cd}	3750.00 ^{ef}	3350.00 ^g	2816.66 ⁱ	3350.00 ^g	2816.66 ⁱ
	208	27.31 ^{bc}	19.61 ^d	1.44 ^f	1.57 ^{def}	1.64 ^{cd}	55.12 ^d	55.25 ^d	3983.33 ^e	3033.33 ^h	2700.00 ⁱ	3033.33 ^h	2700.00 ⁱ
۱۳۹۹	130	17.76 ^{de}	20.97 ^{cd}	1.72 ^{bc}	1.68 ^{cd}	1.55 ^{def}	60.07 ^c	53.95 ^d	3350.00 ^f	3166.66 ^{gh}	2966.66 ⁱ	3166.66 ^{gh}	2966.66 ⁱ
	140	24.07 ^c	24.07 ^c	1.85 ^{ab}	1.53 ^{def}	1.55 ^{def}	66.52 ^{ab}	61.35 ^{bc}	4683.33 ^e	3716.66 ^{gh}	2400.00 ⁱ	3716.66 ^{gh}	2400.00 ⁱ
	113	21.24 ^{cd}	20.96 ^{cd}	1.72 ^{bc}	1.72 ^{bc}	1.42 ^f	62.14 ^{bc}	63.71 ^{bc}	4233.33 ^e	3716.66 ^{gh}	2600.00 ⁱ	3716.66 ^{gh}	2600.00 ⁱ
	115	23.75 ^c	23.47 ^c	1.74 ^{bc}	1.73 ^{bc}	1.57 ^{def}	59.45 ^{cd}	71.45 ^a	4733.33 ^e	4033.33 ^{de}	2633.33 ⁱ	4033.33 ^{de}	2633.33 ⁱ
	128	26.98 ^{bc}	20.68 ^{cd}	1.72 ^{bc}	1.76 ^{bc}	1.54 ^{def}	58.52 ^{cd}	58.52 ^{cd}	4200.00 ^f	3650.00 ^g	2633.33 ⁱ	3650.00 ^g	2633.33 ⁱ
	176	31.72 ^a	24.69 ^{cd}	1.69 ^{de}	1.76 ^{bc}	1.58 ^{def}	63.67 ^{bc}	63.67 ^{bc}	4733.33 ^e	4566.66 ^g	2633.33 ⁱ	4566.66 ^g	2633.33 ⁱ
	178	26.32 ^{bc}	20.93 ^{cd}	1.77 ^{bc}	1.69 ^{de}	1.45 ^f	58.64 ^{cd}	58.64 ^{cd}	4233.33 ^e	3816.66 ^{gh}	2550.00 ⁱ	3816.66 ^{gh}	2550.00 ⁱ
	192	21.92 ^{cd}	22.91 ^{cd}	1.77 ^{bc}	1.69 ^{de}	1.56 ^{def}	58.13 ^{cd}	62.07 ^{bc}	4216.66 ^g	4000.00 ^g	3416.66 ^h	4000.00 ^g	3416.66 ^h
	201	29.89 ^{ab}	24.13 ^{cd}	1.73 ^{bc}	1.73 ^{bc}	1.58 ^{def}	68.09 ^a	68.09 ^a	5233.33 ^e	4750.00 ^g	3416.66 ^h	4750.00 ^g	3416.66 ^h
	208	24.65 ^{bc}	23.99 ^{cd}	1.83 ^{ab}	1.68 ^{cd}	1.51 ^f	60.14 ^{bc}	54.70 ^d	3766.66 ^g	4033.33 ^{de}	2583.33 ⁱ	4033.33 ^{de}	2583.33 ⁱ
۲۰۱۹	130	17.21 ^{de}	20.75 ^{cd}	1.42 ^f	1.73 ^{bc}	1.43 ^f	55.72 ^d	56.99 ^{cd}	3300.00 ^h	3616.66 ^{gh}	2833.33 ⁱ	3616.66 ^{gh}	2833.33 ⁱ
	140	24.07 ^c	24.07 ^c	1.85 ^{ab}	1.53 ^{def}	1.55 ^{def}	66.52 ^{ab}	61.35 ^{bc}	4683.33 ^e	3716.66 ^{gh}	2400.00 ⁱ	3716.66 ^{gh}	2400.00 ⁱ
	113	21.24 ^{cd}	20.96 ^{cd}	1.72 ^{bc}	1.72 ^{bc}	1.42 ^f	62.14 ^{bc}	63.71 ^{bc}	4233.33 ^e	3716.66 ^{gh}	2600.00 ⁱ	3716.66 ^{gh}	2600.00 ⁱ
	115	23.75 ^c	23.47 ^c	1.74 ^{bc}	1.73 ^{bc}	1.57 ^{def}	59.45 ^{cd}	71.45 ^a	4733.33 ^e	4033.33 ^{de}	2633.33 ⁱ	4033.33 ^{de}	2633.33 ⁱ
	128	26.98 ^{bc}	20.68 ^{cd}	1.72 ^{bc}	1.76 ^{bc}	1.54 ^{def}	58.52 ^{cd}	58.52 ^{cd}	4200.00 ^f	3650.00 ^g	2633.33 ⁱ	3650.00 ^g	2633.33 ⁱ
	176	31.72 ^a	24.69 ^{cd}	1.69 ^{de}	1.76 ^{bc}	1.58 ^{def}	63.67 ^{bc}	63.67 ^{bc}	4733.33 ^e	4566.66 ^g	2633.33 ⁱ	4566.66 ^g	2633.33 ⁱ
	178	26.32 ^{bc}	20.93 ^{cd}	1.77 ^{bc}	1.69 ^{de}	1.45 ^f	58.64 ^{cd}	58.64 ^{cd}	4233.33 ^e	3816.66 ^{gh}	2550.00 ⁱ	3816.66 ^{gh}	2550.00 ⁱ
	192	21.92 ^{cd}	22.91 ^{cd}	1.77 ^{bc}	1.69 ^{de}	1.56 ^{def}	58.13 ^{cd}	62.07 ^{bc}	4216.66 ^g	4000.00 ^g	3416.66 ^h	4000.00 ^g	3416.66 ^h
	201	29.89 ^{ab}	24.13 ^{cd}	1.73 ^{bc}	1.73 ^{bc}	1.58 ^{def}	68.09 ^a	68.09 ^a	5233.33 ^e	4750.00 ^g	3416.66 ^h	4750.00 ^g	3416.66 ^h
	208	24.65 ^{bc}	23.99 ^{cd}	1.83 ^{ab}	1.68 ^{cd}	1.51 ^f	60.14 ^{bc}	54.70 ^d	3766.66 ^g	4033.33 ^{de}	2583.33 ⁱ	4033.33 ^{de}	2583.33 ⁱ

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد از آزمون LSD ندارند
Means followed by the same letters for each trait are not significantly different at 5% probability level on the basis of LSD test.

و تالش (۴۱۶۶ کیلوگرم در هکتار) بر ژنوتیپ‌های دیگر برتری نشان داد (جدول ۵). بدین ترتیب، ژنوتیپ ۱۹۲ در هر سه منطقه از نظر عملکرد غلاف در واحد سطح بر دیگر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برتری داشت. به‌علاوه، عملکرد غلاف از سال به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر، بسته به ژنوتیپ متفاوت

عملکرد غلاف
بر اساس نتایج به‌دست آمده، بالاترین عملکرد غلاف بادامزمینی (۵۵۸۳ کیلوگرم در هکتار) در سال اول زراعی، در منطقه رشت و ژنوتیپ ۱۹۲ به‌دست آمد. عملکرد غلاف بادام زمینی ژنوتیپ ۱۹۲ در منطقه ماسال (۵۲۳۳ کیلوگرم در هکتار)

روغن دانه را بین ارقام مختلف بادامزمینی حدود ۴۵ تا ۵۸/۶ درصد گزارش کردند (Bonchev *et al.*, 2018) و نشان دادند که کیفیت دانه بادامزمینی به شدت تحت تأثیر شرایط آب و هوایی منطقه قرار می‌گیرد (Nautiyal, 2009; Gulluoglu *et al.*, 2017).

عملکرد روغن

براساس نتایج این آزمایش، بیشترین عملکرد روغن بادامزمینی (۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار) در ژنوتیپ ۱۹۲ در سال زراعی اول و منطقه رشت به دست آمد (جدول ۶). در این آزمایش، لاین‌های مختلف بادامزمینی دارای عملکرد روغن متفاوتی بودند که با نتایج دیگر محققان مطابقت داشت که نشان دادند که بین ارقام بادامزمینی از نظر عملکرد روغن تفاوت معنی‌داری وجود داشت (Safari *et al.*, 2008). محققان دیگری دریافتند که محیط خاک بذر و شرایط آب و هوایی منطقه عوامل مهمی هستند که عملکرد کیفی بادامزمینی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Nautiyal, 2009). بدین ترتیب، نتایج نشان داد که برای ارتقای کمیت و کیفیت عملکرد دانه ضرورت دارد که گزینش ژنوتیپ‌های بادامزمینی بسته به شرایط محیطی مختلف انجام شود (Zurweller *et al.*, 2018). به علاوه، نتایج نشان داد که افزایش درصد روغن دانه نتوانست دستیابی به حداکثر عملکرد روغن در بادامزمینی را تضمین نماید و با افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن نیز افزایش پیدا کرد. چنین استنباط می‌شود که افزایش محتوای درصد روغن دانه شرط لازم برای افزایش عملکرد روغن است. ولی، کافی نیست و افزایش عملکرد دانه در هکتار روش مطمئنی برای دستیابی به حداکثر عملکرد روغن در واحد سطح می‌باشد. به بیان دیگر، ارتقاء عملکرد دانه ارقام و ژنوتیپ‌های بادامزمینی به موازات انجام کارهای اصلاحی برای بهبود درصد روغن دانه، راهکار مناسبی برای بهینه‌سازی عملکرد روغن بادامزمینی در واحد سطح خواهد بود (Sadat Hashemi, *et al.*, 2023).

عملکرد پوسته بادامزمینی

نتایج نشان داد که بیشترین میزان پوسته غلاف بادامزمینی (۱۹۷۸ کیلوگرم در هکتار) در ژنوتیپ شماره ۱۴۰ و سال زراعی اول در منطقه رشت به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با لاین‌های ۱۱۳ و ۱۴۰ نداشت (جدول ۶). تولید پوسته بادامزمینی بسته به ژنوتیپ و محیط و برهمکنش آنها متفاوت بود. بالا بودن وزن پوسته غلاف بادامزمینی با افزایش عملکرد دانه در واحد سطح همراه نبود که می‌تواند بیانگر بالا بودن نسبت وزنی پوسته غلاف‌های بادامزمینی به دانه باشد. در حقیقت، هر چه پوسته بادامزمینی نازک و نسبت وزنی پوسته غلاف‌ها به دانه کمتر باشد، عملکرد دانه بادامزمینی در واحد افزایش پیدا می‌کند. بدین ترتیب، کاهش وزن پوسته غلاف دارای اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بادامزمینی است (Rao *et al.*, 2014).

طول غلاف

براساس نتایج این آزمایش، لاین ۱۲۸ دارای بیشترین طول غلاف بادامزمینی (۴۱/۴۳ میلی‌متر) در سال زراعی اول و منطقه رشت بود (جدول ۷). نتایج نشان داد که طول غلاف بادامزمینی

بود که بیانگر تأثیر مهم برهمکنش ژنوتیپ و عوامل محیطی رشد بر عملکرد غلاف بادامزمینی می‌باشد. محققان دیگری نشان دادند که تنوع ژنتیکی بالایی در ژرم‌پلاسماهای بادامزمینی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران برای کلیه صفات مورد مطالعه وجود داشت (Aalami *et al.*, 2007) و ارقام مختلف بادامزمینی از نظر عملکرد غلاف تفاوت معنی‌داری داشتند (Arioglu *et al.*, 2016; Chaudhari *et al.*, 2019; Ratchanee Puttha, 2019). همچنین، گزارش شده است که عملکرد غلاف بادامزمینی تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار گرفت (Gulluoglu *et al.*, 2016b; Arioglu *et al.*, 2016; Kurt *et al.*, 2017).

عملکرد دانه

در این آزمایش، بیشترین عملکرد دانه (۳۷۷۷ کیلوگرم در هکتار) در ژنوتیپ شماره ۱۹۲ در سال زراعی اول و منطقه رشت به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سال زراعی دوم (۳۵۳۲ کیلوگرم در هکتار) نداشت. در این آزمایش، عملکرد ژنوتیپ ۱۹۲ نسبت به رقم NC₂ (رقم شاهد) ۱۳۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). نتایج نشان داد که عملکرد دانه بادامزمینی در اثر واکنش به تغییر شرایط اقلیمی دستخوش تغییرات قابل توجهی می‌گردد و ژنوتیپ‌های مختلف از نظر پتانسیل ژنتیکی برای تولید دانه در مناطق مختلف دارای تفاوت معنی‌داری هستند. بدین ترتیب، نتایج نشان داد که ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای تعیین ارقام پرمحصول در مناطق مختلف ضرورت دارد (Karadavut *et al.*, 2010). محققان دیگری گزارش کردند که بین دو منطقه تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه بادامزمینی در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (Gebre and Shiferaw, 2017) و شرایط محیطی مهمترین و قوی‌ترین عوامل تفاوت برای عملکرد بادامزمینی است (Gulluoglu *et al.*, 2016; Bonchev *et al.*, 2018). در آزمایش دیگری گزارش شده است که برهمکنش محیط و رقم بر عملکرد دانه بادامزمینی بسیار چشمگیر و معنی‌دار بود (Bucheyeki *et al.*, 2008; Hagos *et al.*, 2012; Jeyaramraja and Woldesenbet, 2014). محققان نشان دادند که شرایط محیطی مهمترین و قوی‌ترین عوامل تفاوت برای صفات بادامزمینی می‌باشند (Bonchev *et al.*, 2018). همچنین، گزارش شده است که عملکرد غلاف بادامزمینی تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار گرفت (Gulluoglu *et al.*, 2016b; Arioglu *et al.*, 2016 and Kurt *et al.*, 2017).

درصد روغن دانه

بیشترین درصد روغن دانه بادامزمینی (۵۷/۱۲ درصد) در سال دوم زراعی، در منطقه ماسال و ژنوتیپ ۱۷۸ بادامزمینی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با درصد روغن (۵۷/۰۳ درصد) لاین ۱۲۸ نشان نداد (جدول ۶). نتایج نشان داد که لاین‌های مختلف بادامزمینی و برهمکنش آن با محیط در سال‌های مختلف زراعی سبب تغییر محتوای روغن دانه گردید. محققان دیگری در ارزیابی صفات کمی و کیفی ۳۹ رقم بادامزمینی نشان دادند که درصد روغن دانه در ارقام مختلف، متفاوت بود (Safari *et al.*, 2008). محققان دیگری درصد

بیشترین طول دانه (۲۲/۴۲ میلی‌متر) در لاین ۱۱۳ و سال زراعی اول در منطقه رشت به‌دست آمد (جدول ۷). نتایج نشان داد که طول دانه بادام‌زمینی بسته به ژنوتیپ، دستخوش تغییرات معنی‌داری در واکنش به شرایط اقلیمی و خاکی مناطق مختلف گردید. طول دانه بادام‌زمینی می‌تواند نقش مثبت در افزایش عملکرد دانه و بازارپسندی محصول بادام‌زمینی داشته باشد. محققان دیگری دریافته‌اند که ارقام بادام‌زمینی از نظر عملکرد، اجزای عملکرد و دیگر صفات زراعی مورد مطالعه متفاوت بودند (Chaudhari et al., 2017; Oteng- et al., 2019; Frimpong et al., 2017; Ratchanee Puttha, 2019) و ارقام ویرجینیایی طول دانه و وزن دانه بیشتری داشتند (Arioglu et al., 2016; Kurt et al., 2017).

قطر دانه

در این آزمایش، بیشترین قطر دانه (۸/۴۷ میلی‌متر) را در شرایط اقلیمی منطقه رشت و سال زراعی اول زراعی در لاین شماره ۱۷۸ بادام‌زمینی مشاهده گردید (جدول ۷). قطر دانه بادام‌زمینی نیز بسته به ژنوتیپ و شرایط اقلیمی و خاکی مناطق مختلف در طی سال‌های زراعی مورد مطالعه دستخوش تغییر گردید. بالا بودن قطر دانه نیز می‌تواند عملکرد و بازارپسندی محصول را تحت تأثیر قرار دهد. در مطالعه مشابهی در ارزیابی ۳۰ ژنوتیپ بادام‌زمینی گزارش شده است که تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر اجزای عملکرد دارای تفاوت معنی‌داری بودند (Oteng-Frimpong et al., 2017) و افزایش قطر دانه سبب افزایش وزن دانه می‌شود و می‌تواند تأثیر مثبت و مستقیم در افزایش عملکرد دانه و بازارپسندی محصول داشته باشد (Arioglu et al., 2016; Kurt et al., 2017).

بسته به نوع رقم و واریته می‌تواند از سالی به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشد. افزایش طول غلاف بادام‌زمینی با افزایش وزن غلاف، تعداد دانه و یا اندازه دانه در هر غلاف می‌تواند تأثیر بسیار خوبی بر عملکرد غلاف و بازارپسندی دانه بادام‌زمینی داشته باشد. محققان در مطالعه مشابهی نشان دادند که اندازه و وزن غلاف بادام‌زمینی تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد و ارقام ویرجینیایی بادام‌زمینی دارای غلاف بزرگتر و وزن تک دانه بیشتری هستند (Arioglu et al., 2016; Kurt et al., 2017). در آزمایش دیگری گزارش شده است طول غلاف یکی از مهمترین صفات زراعی مورد ارزیابی بود که بیشترین اهمیت را در ارزیابی تنوع ژنوتیپ‌های بادام‌زمینی نشان دادند (Harch et al., 1995; Foundra et al., 2000).

قطر غلاف

نتایج نشان داد که لاین ۱۴۰ بیشترین قطر غلاف (۱۶/۰۴ میلی‌متر) را در منطقه تالش دارا بود (جدول ۴). قطر غلاف بادام‌زمینی نیز همانند طول غلاف بسته به ژنوتیپ و شرایط اقلیمی منطقه با تغییرات معنی‌داری مواجه گردید. قطر غلاف بادام‌زمینی نیز با افزایش وزن غلاف و وزن دانه در غلاف می‌تواند بر عملکرد غلاف و دانه و بازارپسندی بادام‌زمینی تأثیر به‌سزایی داشته باشد. محققان دیگری در ارزیابی بادام‌زمینی نشان دادند که ارقام مورد مطالعه از نظر قطر غلاف و به تبع آن اندازه و وزن دانه، تفاوت معنی‌داری داشتند (Safari et al., 2008) و قطر غلاف و عرض دانه هم بیشتری را در ارزیابی تنوع ارقام مختلف بادام‌زمینی داشتند (Harch et al., 1995; Foundra et al., 2000).

طول دانه

جدول ۶- مقایسه میانگین تعدادی از صفات اندازه‌گیری شده در بادام‌زمینی تحت تأثیر برهمکنش سال × مکان × ژنوتیپ

Table 6. Mean comparison of some measured characteristics in peanut genotypes influenced by year × location × genotype interaction

عملکرد پوسته (کیلوگرم در هکتار) Shell yield (kg/ha)			عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg/ha)			درصد روغن دانه Seed oil content (%)			عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)			تیمارها Treatments	
تالش Talesh	ماسال Masal	رشت Rasht	تالش Talesh	ماسال Masal	رشت Rasht	تالش Talesh	ماسال Masal	رشت Rasht	تالش Talesh	ماسال Masal	رشت Rasht	ژنوتیپ Genotype	سال Year
1001.66 ^b	1250.00 ^{fg}	1603.13 ^c	786.66 ^{ef}	894.66 ^{fg}	1106.66 ^{de}	50.43 ⁱ	52.14 ^f	46.39 ⁿ	1531.66 ^{hi}	1716.66 ^{gh}	2383.33 ^{cf}	130	
1085.00 ^b	1276.66 ^{fg}	1978.33 ^a	898.66 ^{fg}	957.33 ^f	950.33 ^f	52.96 ^e	50.66 ^h	48.26 ^l	1698.33 ^{gh}	1890.00 ^{fg}	1971.66 ^{fg}	140	
1135.00 ^{ab}	1436.66 ^{ef}	1898.33 ^{ab}	815.66 ^{fg}	989.66 ^{ef}	118.66 ^{de}	50.08 ^{ij}	50.89 ^{hi}	47.60 ^m	1631.66 ^{gh}	1946.66 ^{fg}	2351.66 ^{ef}	113	
1150.00 ^{ab}	1333.33 ^{efg}	1571.66 ^d	891.00 ^{fg}	900.00 ^{fg}	1250.33 ^{cd}	52.49 ^{ef}	50.51 ⁱ	52.10 ^{fg}	1700.00 ^{gh}	1783.33 ^{gh}	2401.66 ^{ef}	115	
1213.33 ^a	1526.66 ^{de}	1421.66 ^{ef}	1011.33 ^{ef}	1158.66 ^{de}	1596.33 ^b	53.23 ^{de}	53.68 ^{cd}	50.80 ^{hi}	1901.66 ^{fg}	2156.66 ^f	3145.00 ^c	128	
1123.33 ^{ab}	1376.66 ^{ef}	1715.00 ^c	832.66 ^{fg}	956.66 ^{ef}	1247.66 ^{cd}	52.32 ^f	52.49 ^f	48.32 ^l	1593.33 ^h	1823.33 ^{gh}	2585.00 ^d	176	۱۳۹۸
1135.00 ^{ab}	1263.33 ^{fg}	1833.33 ^{bc}	852.66 ^{fg}	961.00 ^{ef}	1205.66 ^{de}	50.26 ^f	53.41 ^e	50.19 ^f	1698.33 ^{gh}	1803.33 ^{gh}	2333.33 ^{cf}	178	
1323.3 ^c	1843.33 ^b	1806.66 ^{bc}	1232.00 ^d	1212.33 ^{de}	1840.66 ^a	52.33 ^f	50.69 ^{hi}	48.77 ^{kl}	2360.00 ^{ef}	2390.00 ^{ef}	3776.66 ^a	192	2018
1183.33 ^{ab}	1353.33 ^f	1386.66 ^{ef}	863.33 ^{fg}	1025.66 ^{ef}	1236.00 ^d	52.93 ^c	51.41 ^{gh}	52.34 ^f	1633.33 ^{gh}	1996.66 ^f	2363.33 ^{ef}	201	
1131.66 ^{ab}	1263.33 ^{fg}	1818.33 ^{bc}	811.66 ^{fg}	925.33 ^{fg}	1126.33 ^{de}	51.82 ^{fg}	52.33 ^{ef}	52.11 ^f	1568.33 ^h	1770.00 ^{gh}	2165.00 ^{ef}	208	
1200.00 ^{ab}	1260.00 ^g	1730.00 ^{bc}	915.33 ^{fg}	912.00 ^{fg}	742.00 ^g	51.87 ^g	48.01 ^{lm}	48.89 ^k	1766.66 ^{gh}	1900.0 ^g	1620.00 ^h	NC ₂	
1430.00 ^{ef}	1473.33 ^{def}	1523.33 ^{de}	491.00 ^b	1262.33 ^{cd}	1449.33 ^{bc}	50.72 ^{hi}	56.28 ^b	45.89 ^o	970.00 ⁱ	2243.33 ^{ef}	3160.00 ^{bc}	130	
1761.66 ^{bc}	1486.66 ^{de}	1898.33 ^{ab}	448.33 ^b	1196.33 ^{de}	1106.33 ^{de}	53.59 ^d	53.67 ^{cd}	47.39 ^m	838.33 ^j	2230.00 ^{ef}	2335.00 ^{ef}	140	
1685.00 ^{cd}	1621.66 ^{cd}	1788.33 ^{bc}	496.33 ^b	1306.00 ^{cd}	1377.33 ^{cd}	49.58 ^j	54.17 ^c	46.80 ^p	948.33 ^j	2411.66 ^{ef}	2945.00 ^{cd}	113	
1403.33 ^{ef}	1530.00 ^{de}	1480.00 ^{def}	679.00 ^b	1147.66 ^{de}	1388.00 ^c	52.51 ^{ef}	54.15 ^c	51.03 ^{hi}	1293.33 ⁱ	2120.00 ^f	2720.00 ^d	115	
1233.33 ^{fg}	1890.00 ^{ab}	1321.66 ^{fg}	783.00 ^c	1526.66 ^{bc}	1714.66 ^{ab}	53.34 ^{de}	57.03 ^a	50.22 ⁱ	1533.33 ^{hi}	2676.66 ^{de}	3411.66 ^b	128	
1496.66 ^{de}	1543.33 ^{de}	1613.33 ^{cd}	549.33 ^b	1275.33 ^{cd}	1277.00 ^{cd}	52.24 ^f	56.10 ^b	47.35 ^m	1053.33 ⁱ	2273.33 ^{ef}	2730.00 ^d	176	۱۳۹۹
1513.33 ^{de}	1596.66 ^{cd}	1720.00 ^{bc}	508.66 ^b	1372.66 ^{cd}	1255.00 ^{cd}	50.70 ^{hi}	57.12 ^a	49.47 ^l	1003.33 ⁱ	2403.33 ^{ef}	2540.00 ^{de}	178	
1606.66 ^{cd}	1665.00 ^{cd}	1701.66 ^c	959.66 ^{ef}	1554.00 ^b	1702.66 ^{ab}	52.99 ^e	53.59 ^d	48.25 ^l	1810.00 ^{gh}	3085.00 ^c	3531.66 ^{ab}	192	2019
1178.33 ^{ab}	1608.33 ^{cd}	1298.33 ^{fg}	746.00 ^c	1312.33 ^{cd}	1311.66 ^{cd}	53.11 ^{de}	54.14 ^c	51.04 ^{gh}	1405.00 ^{hi}	2425.00 ^f	2468.33 ^{de}	201	
1563.33 ^{de}	1540.00 ^{de}	1561.66 ^{de}	531.66 ^b	1139.33 ^{de}	676.33 ^{gh}	52.22 ^f	55.80 ^b	51.30 ^h	1020.00 ⁱ	2043.33 ^{fg}	1488.33 ^{hi}	208	
1523.33 ^{de}	1523.33 ^{de}	1636.66 ^{cd}	687.66 ^{bc}	1079.00 ^{ef}	657.33 ^{gh}	52.53 ^{ef}	51.58 ^b	48.19 ^l	1310.00 ^{hi}	2093.33 ^{fg}	1663.33 ^{gh}	NC ₂	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند

Means followed by the same letters in each trait are not significantly different at 5% probability level on the basis of LSD test.

جدول ۷- مقایسه میانگین اندازه دانه و غلاف در بادامزمینی تحت تأثیر برهمکنش سال × مکان × ژنوتیپ

Table 7. Mean comparison of seed and pod size in peanut influenced by year × environment × genotype interaction

سال Year	ژنوتیپ Genotype	طول غلاف (میلی‌متر) Pod length (mm)			طول دانه (میلی‌متر) Seed length (mm)			قطر دانه (میلی‌متر) Seed diameter (mm)		
		رتشت Rasht	ماسال Masal	تالش Talesh	رتشت Rasht	ماسال Masal	تالش Talesh	رتشت Rasht	ماسال Masal	تالش Talesh
۱۳۹۸	130	34.97 ^a	32.80 ^{bc}	35.28 ^{bc}	13.35 ^{ab}	15.09 ^{cd}	14.39 ^{ef}	6.25 ^f	6.54 ^{ef}	6.36 ^{ef}
	140	29.91 ^{de}	30.25 ^{de}	32.26 ^{cd}	12.53 ^{gh}	15.48 ^d	13.51 ^{gh}	6.15 ^{fg}	6.89 ^{de}	7.35 ^{cd}
	113	28.29 ^{ef}	26.68 ^f	22.42 ^a	12.50 ^{gh}	12.50 ^{gh}	13.55 ^{gh}	8.44 ^a	6.43 ^{ef}	6.83 ^{de}
	115	27.82 ^{ef}	26.54 ^f	14.41 ^{ef}	14.08 ^f	14.08 ^f	15.35 ^{def}	6.35 ^{ef}	6.31 ^{ef}	7.89 ^b
	128	27.05 ^{ef}	28.71 ^{ef}	12.51 ^{gh}	12.59 ^{gh}	12.59 ^{gh}	16.68 ^{de}	6.06 ^{fg}	5.94 ^{fg}	7.33 ^{de}
	176	28.95 ^{ef}	26.79 ^{ef}	13.36 ^{gh}	12.84 ^{gh}	12.84 ^{gh}	16.22 ^{de}	6.88 ^{de}	6.60 ^{ef}	6.90 ^{de}
	178	32.11 ^d	31.71 ^d	14.63 ^{ef}	15.08 ^{gh}	15.08 ^{gh}	16.47 ^{de}	8.47 ^a	7.15 ^d	7.29 ^{de}
	192	27.32 ^{ef}	30.95 ^{de}	13.43 ^{gh}	13.96 ^{gh}	13.96 ^{gh}	15.04 ^{de}	7.03 ^{de}	5.63 ^g	7.44 ^{de}
	201	26.07 ^f	30.29 ^{de}	12.75 ^{gh}	15.22 ^{ef}	15.22 ^{ef}	15.50 ^{de}	7.20 ^{cd}	5.72 ^e	7.34 ^{de}
	208	27.12 ^{ef}	30.83 ^{de}	14.30 ^{ef}	15.22 ^{ef}	15.22 ^{ef}	17.81 ^c	6.32 ^{ef}	5.72 ^e	7.59 ^{bc}
	NC2	29.19 ^e	31.78 ^d	37.32 ^{bc}	14.30 ^{ef}	14.30 ^{ef}	17.81 ^c	6.32 ^{ef}	5.72 ^e	7.59 ^{bc}
	2018	130	37.31 ^{bc}	35.52 ^{bc}	33.04 ^{cd}	14.71 ^{cd}	16.24 ^{de}	13.29 ^{fg}	6.38 ^{ef}	7.44 ^{cd}
140		33.43 ^{cd}	33.61 ^{cd}	30.90 ^{de}	14.23 ^d	16.57 ^{de}	12.71 ^h	6.71 ^c	8.02 ^{bc}	6.12 ^{fg}
113		33.34 ^{cd}	29.05 ^{ef}	30.43 ^{cd}	14.27 ^{ef}	13.67 ^{gh}	12.63 ^h	7.32 ^{cd}	7.52 ^{bcd}	6.42 ^{ef}
115		39.35 ^{ab}	29.23 ^e	34.23 ^{cd}	15.34 ^{def}	15.02 ^{def}	14.48 ^{ef}	8.14 ^{ab}	7.44 ^{cd}	7.41 ^{cd}
128		41.43 ^a	30.61 ^{de}	34.10 ^{cd}	16.97 ^e	13.74 ^{gh}	15.82 ^{de}	7.63 ^b	6.95 ^{de}	6.88 ^{de}
176		37.35 ^{bc}	28.77 ^{ef}	32.83 ^{cd}	16.81 ^{cd}	13.85 ^{gh}	15.39 ^e	7.24 ^{cd}	7.82 ^{bc}	6.38 ^{ef}
178		37.01 ^{bc}	34.90 ^{cd}	17.01 ^c	16.49 ^{de}	15.82 ^{de}	15.82 ^{de}	7.63 ^b	8.08 ^{ab}	6.82 ^{de}
192		39.35 ^{ab}	33.41 ^{cd}	34.16 ^{cd}	16.92 ^{cd}	15.74 ^{de}	15.78 ^{de}	7.74 ^{bc}	7.21 ^{cd}	6.94 ^{de}
201		36.99 ^{bc}	33.54 ^{cd}	33.35 ^{cd}	15.05 ^{ef}	15.05 ^{ef}	14.52 ^{ef}	7.29 ^{cd}	6.71 ^c	6.39 ^{ef}
208		40.02 ^a	33.06 ^{cd}	15.82 ^{de}	15.82 ^{de}	16.21 ^{de}	14.61 ^{ef}	7.64 ^{bc}	7.42 ^{cd}	6.75 ^{de}
NC2		37.52 ^b	34.36 ^{cd}	18.17 ^b	18.17 ^b	13.68 ^{gh}	16.73 ^{cd}	7.82 ^{bc}	6.26 ^f	7.03 ^{de}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند.

Means followed by the same letters in each trait are not significantly different at 5% probability level on the basis of LSD test.

ارزیابی پایداری عملکرد

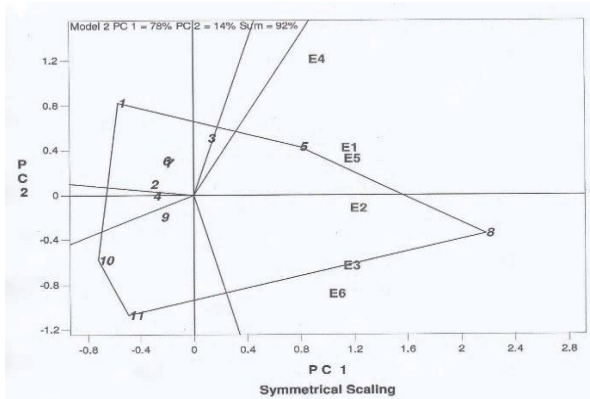
در این آزمایش، چندضلعی GGE بای‌پلات (شکل ۱) برای شناسایی پرمحصول‌ترین ژنوتیپ بادامزمینی در هر محیط مورد استفاده قرار گرفت. در شکل زیر چند ضلعی GGE بای‌پلات از اتصال ارقام رأسی تشکیل شده است و رقم موجود در هر رأس، پرمحصول‌ترین رقم در محیط‌های شش گانه نشان می‌دهد. در این شکل شماره ۵ (لاین ۱۲۸) بیشترین عملکرد غلاف را در محیط‌های E1، E4 و E5 نشان داد و شماره ۸ (لاین ۱۹۲) بیشترین عملکرد را در محیط‌های E2، E3 و E6 داشت. مقیاس‌بندی متقارن برای ۱۱ ژنوتیپ در ۶ محیط در مجموع نشان می‌دهد که شماره ۸ (لاین ۱۹۲) به‌عنوان پرمحصول‌ترین ژنوتیپ در کلیه محیط‌ها است و از این حیث این رقم به عنوان پایدارترین رقم در محیط‌های آزمایش شده قابل معرفی می‌باشد. پس از شماره ۸ (لاین ۱۹۲)، شماره ۵ (لاین ۱۲۸) نزدیک‌ترین رقم پایدار در محیط‌های شش گانه مورد آزمایش است. همان‌طوری که در شکل قابل ملاحظه است، بای‌پلات GGE ترسیمی با استفاده از بکارگیری مدل ۲- (مدل استاندارد شده بر اساس خطای استاندارد درون محیطی)، ۹۲ درصد (PC1=78% و PC2=14%) از کل تغییرات مربوط به ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌کند. بدین ترتیب، انتخاب شماره ۸ (لاین ۱۹۲) به‌عنوان پرمحصول‌ترین و پایدارترین ژنوتیپ، توجیه‌پذیر است. در GGE بای‌پلات مبتنی بر محیط متوسط (شکل ۲)، محور افقی همان محور محیط متوسط است که دایره کوچک روی آن یک محیط متوسط را نشان می‌دهد. ارقام بهتر از محیط متوسط در این تحقیق، ژنوتیپ‌های شماره ۸ (لاین ۱۹۲) و شماره ۵ (لاین ۱۲۸) هستند. به‌طور واضح، ژنوتیپ شماره ۸ (لاین ۱۹۲) پرمحصول‌ترین ژنوتیپ در محیط کلان است. در شکل ۲، ژنوتیپ‌های سمت راست محور عمودی عملکرد بیشتری دارند و تصویر ژنوتیپ‌ها روی محور افقی بیانگر پایداری عملکرد آن‌ها می‌باشد و محور عمودی که از مبدأ مختصات عبور می‌کند، برآوردی از برهمکنش ژنوتیپ × محیط مرتبط با هر

ژنوتیپ است که معیاری از بی‌ثباتی یا تغییرپذیری ژنوتیپ‌ها است.

رقم ایده‌آل که در شکل ۳ به‌وسیله یک دایره کوچک همراه با یک پیکان مشخص شده است، به‌عنوان رقم برخوردار از بالاترین عملکرد در کلیه محیط‌ها محسوب می‌شود و دارای عملکرد پایدار است. ژنوتیپ‌ها براساس فاصله آنها با رقم ایده‌آل رتبه‌بندی می‌شوند. بدین ترتیب، کمترین فاصله با رقم ایده‌آل مربوط به رقم ۸ (لاین ۱۹۲) است و پس از آن ارقام ۵ (لاین ۱۲۸) و ۳ (لاین ۱۱۳) قرار دارند. اگرچه میانگین عملکرد غلاف در ژنوتیپ‌های ۸ (لاین ۱۹۲) و ۵ (لاین ۱۲۸) مطلوب‌تر و در کلیه محیط‌ها بیشتر از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد و حتی حسب مقایسه با محیط متوسط (دایره کوچک توخالی مشخص شده با نوک پیکان) باز هم ملاحظه می‌شود که رقم پرمحصول و پایدار، همان ژنوتیپ ۸ (لاین ۱۹۲) است و پس از آن ژنوتیپ ۵ (لاین ۱۲۸) قرار دارد.

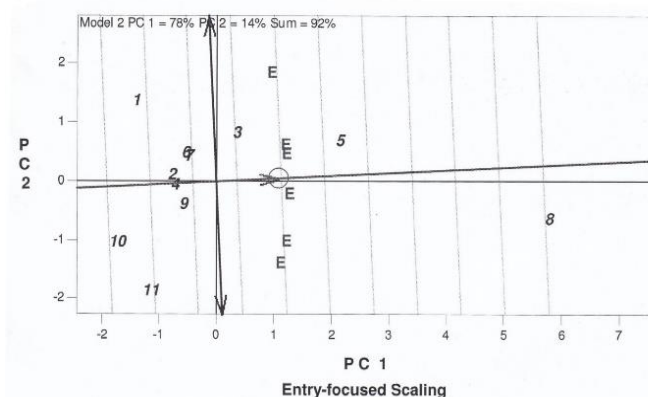
نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این آزمایش، کلیه صفات اندازه‌گیری شده در بادامزمینی تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار گرفت و لاین ۱۹۲ در منطقه گیلان از نظر عملکرد کمی و کیفی دانه بادامزمینی نسبت به رقم NC2 معروف به رقم بومی گلی و دیگر لاین‌های مورد مطالعه برتری معنی‌داری داشت. افزایش تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه بادامزمینی از شاخص‌های مهم زراعی در ارتقای عملکرد لاین ۱۹۲ در منطقه گیلان بود. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش ژنوتیپ و محیط از طریق تغییر در اجزای عملکرد سبب بروز تغییرات در عملکرد دانه و غلاف بادامزمینی در واحد سطح گردید و عملکرد روغن به موازات افزایش عملکرد دانه افزایش نشان داد. ارزیابی پایداری عملکرد به‌روش GGE بای‌پلات لاین ۱۹۲ بادامزمینی به‌عنوان لاین پرمحصول با پایداری عملکرد بالا در تمامی محیط‌ها انتخاب گردید. بدین ترتیب، ژنوتیپ ۱۹۲ بادامزمینی برای دستیابی به بالاترین عملکرد دانه در شرایط اقلیمی منطقه قابل توصیه می‌باشد.



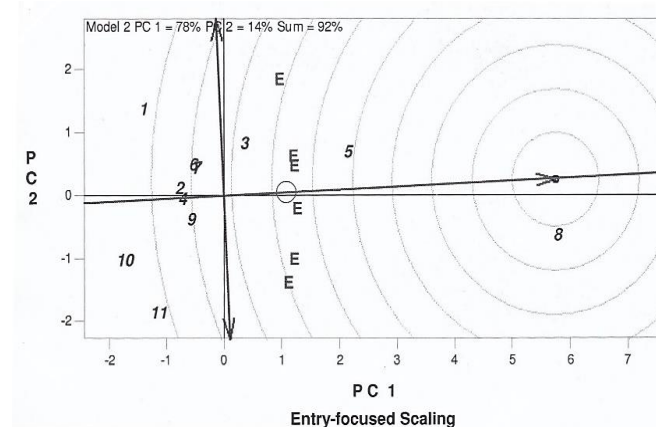
شکل ۱- چندضلعی GGE بای پلات برای تعیین پر محصول ترین ژنوتیپها در هر محیط. محیطها شامل E₁ (رشت-۱۳۹۸)، E₂ (رشت-۱۳۹۹)، E₃ (ماسال-۱۳۹۸)، E₄ (ماسال-۱۳۹۹)، E₅ (تالش-۱۳۹۸) و E₆ (تالش-۱۳۹۹) و ژنوتیپها با شماره ۱ تا ۱۱ به ترتیب عبارتند از: ژنوتیپهای ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۱۳، ۱۱۵، ۱۲۸، ۱۷۶، ۱۷۸، ۱۹۲، ۲۰۱، ۲۰۸ و NC2.

Figure 1. Polygonal GGE biplot for identifying the most productive genotypes in each environment. The environments are E₁ (Rasht-2018), E₂ (Rasht-2019), E₃ (Masal-2018), E₄ (Masal-2019), E₅ (Talesh-2018), and E₆ (Talesh-2019). The genotypes numbered 1 to 11, correspond to genotypes 130, 140, 113, 115, 128, 176, 178, 192, 201, 208, and NC2, respectively.



شکل ۲- بای پلات مختصات محیط متوسط برای تعیین هم زمان میانگین عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپها. ژنوتیپهای شماره ۱ تا ۱۱ به ترتیب عبارتند از: ژنوتیپهای ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۱۳، ۱۱۵، ۱۲۸، ۱۷۶، ۱۷۸، ۱۹۲، ۲۰۱، ۲۰۸ و NC2.

Figure 2. Bi-plot of average environmental coordinates for simultaneous determination of average grain yield and genotype stability The genotypes numbered 1 to 11, correspond to genotypes 130, 140, 113, 115, 128, 176, 178, 192, 201, 208, and NC2, respectively.



شکل ۳- شمای بای پلات برای مقایسه کلیه ژنوتیپها با رقم برتر در محیطهای مختلف. ژنوتیپهای شماره ۱ تا ۱۱ به ترتیب عبارتند از: ژنوتیپهای ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۱۳، ۱۱۵، ۱۲۸، ۱۷۶، ۱۷۸، ۱۹۲، ۲۰۱، ۲۰۸ و NC2.

Figure 3. Biplot diagram for comparison of all genotypes with super variety in different environment. The genotypes numbered 1 to 11, correspond to genotypes 130, 140, 113, 115, 128, 176, 178, 192, 201, 208, and NC2, respectively.

ژنتیکی و امکانات لازم برای اجرای این پروژه صمیمانه تقدیر و تشکر می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مدیر و اعضای محترم هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان برای تهیه مواد

References

- Aalami, A., Esfahani, M., Abdullahi Mandolakani B., and Mozaffari, J. (2007). Assessment of genetic diversity in groundnut (*Arachis hypogea* L.) germplasm using morphological traits. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8 (4), 357-367.
- Abate, F., Mekbib F., and Dessalegn, Y. (2015). GGE Biplot analysis of multi-environment yield trials of durum wheat (*Triticum turgidum* Desf.) genotypes in north western Ethiopia. *American Journal of Experimental Agriculture*, 8(2), 120-129.
- Arioglu, H., Bakal, H., Gulluoglu, L., Kurt, C., and Onat, B. (2016). Ana ürün koşullarında yetiştirilen bazı yerfıstığı çeşitlerinin önemli agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 24-29.
- Bonchev, B., Velcheva, N., and Stamatov, S. (2018). Assessment of productive potential of peanut varieties (*Arachis hypogaea* L.) from the Bulgarian breeding program and opportunities for genetical improvement. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(5), 1700-1703.
- Bucheyeki, T.L., Shenkalwa, E.M., Mapunda, T.X., and Matata, L.W. (2008). On-farm evaluation of promising groundnut varieties for adaptation and adoption in Tanzania. *African Journal of Agricultural Research*, 3(8), 531-536.
- Carrin, M.E., and Carelli, A.A. (2010). Peanut oil: Compositional data. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112, 967-707.
- Chaudhari, S., Khare, D., Sundravadana, S., Variath, M.T., Manohar, S.S., and Janila, P. (2017). Genetic analysis of foliar disease resistance, yield and nutritional quality traits in groundnut. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8(2), 485-493.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). Retrieved from [http:// faostat.fao.org/site/567/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx). Last access on March.10.2022.
- Foundra, M.Z., Hernandez, M., Lopez, R., Fernandez, L., Sanchez, A., Lopez, J., and Ravelo, I. (2000). Analysis of the variability in collected peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for the establishment of core collection. *PGR Newsletter*, 137, 1540-1544.
- Gebre, W., and Shiferaw, W. (2017). Performance evaluation of ground nut varieties in lowland areas of South Omo, Southern Ethiopia. *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology*, 4(2), 6-8.
- Giayetto, O., Morla, F.D., Fernandez, E.M., Cerioni, G.A., Kearney, M., Rosso, M.B., and Violante, M.G. (2013). Temporal analysis of branches pod production in peanut (*Arachis hypogaea*) genotypes with different growth habits and branching patterns. *Peanut Science*, 40(1), 8-14.
- Golaktya, P.R., and Makne, V.G. (1991). Genetic diversity in Spanish bunch groundnut. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 16(3), 337-339.
- Gulluoglu, L., Bakal, H., Onat, B., El Sabagh, A., and Arioglu, H. (2016a). Characterization of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed oil and fatty acids composition under different growing season under Mediterranean environment. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4(5S), 564-571.
- Gulluoglu, L., Bakal, H., Onat, B., Kurt, C., and Arioglu, H. (2016b). The effect of harvesting date on some agronomic and quality characteristics of peanut grown in the Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(2), 224-232.
- Gulluoglu, L., Bakal, H., and Arioglu, H. (2017). The determination of some agronomic and oil quality characteristics of peanut breeding lines. 3rd International symposium for agriculture and food. ISAF 2017. Cukurova University, Faculty of Agriculture Dep. Of Field Crop, Adana, Turkey.
- Hagos, F., Zeleke, H., and Woyossa, B. (2012). Genetic gain in yield and yield related traits of groundnut [*Arachis hypogea* (L.)] in central Rift Valley of Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 6(2), 125-136.
- Harch, B.D., Lawrence, P.K., Cruickshank, A., Tonks, J., Basford, K.E., Delacy, I.H., and McLeod C.M. (1995). Diversity in the Australian groundnut germplasm collection. *International Arachis Newsletter*, 15, 15-17.
- Jeyaramraja, P.R., and Woldeesenbet F. (2014). Characterization of yield components in certain groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties of Ethiopia. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 2(6), 2320- 8694.
- Kaba, J.S., Ofori, K., and Kumaga, F.K. (2014). Inter-relationships of yield and components of yield at different stages of maturity in three groundnuts (*Arachis hypogea* L.) varieties. *International Journal of Life Science Research*, 2(1), 43-48.
- Karadavut, U., Palta, C., Kavurmaci, Z., and Bolek, Y. (2010). Some grain yield parameters of multi environmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(2), 217-220.

- Karimizadeh, R., Mohammadi, M., Sabaghni, N., Mahmoodi, A.A., Roustami, B., and Seyyedi, F. (2013). GGE biplot analysis of yield stability in multi-environment trials of lentil genotypes under rainfed condition. *Notulae Scientia Biologicae*, 5, 256-262.
- Kasno, A., and Trustinah M. (2015). Genotype environment interaction analysis of peanut in Indonesia. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 47(4), 482-492.
- Kurt, C., Bakal, H., Gulluoglu, L., and Arioglu, H. (2017). The effect of twin row planting pattern and plant population on yield and yield components of peanut (*Arachis hypogaea* L.) at main crop planting in Cukurova region of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1), 24-31.
- Latif, S., and Anwar, F. (2008). Quality assessment of moringa concanensis seed oil extracted through solvent and aqueous enzymatic techniques. *Grasas Aceites*, 59, 67-73.
- Nautiyal, P.C. (2009). Seed and seedling vigour traits in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Seed Science and Technology*, 37, 721-735.
- Nigam, S.N., Dwivedi, S.L., and Gibbons, R.W. (1991). Groundnut breeding: constraints, achievements and future possibilities. *Plant Breeding Abstracts*, 61, 1127.
- Nobahar, A. (2018). Effect of application methods of Zinc and Calcium Nano-fertilizers on quantitative and qualitative yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in response to plant cutting under Rasht climatic condition. Ph.D Thesis On Agronomy, Islamic Azad University, Takestan Branch, 107p.
- Nobahar, A., Mostafavi Rad, M., Zakerin, H.R., Sayfzadeh, S., and Valadabady A.R. (2019). Growth characteristics and seed yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) as affected by topping height and application methods of zinc and calcium nano chelates. *Journal of Seed and Plant*, 35(2), 183-201 (In Persian).
- Oteng-Frimpong, R., Konlan, S.P., and Denwar, N.N. (2017). Evaluation of selected groundnut (*Arachis hypogaea* L.) lines for yield and haulm nutritive quality traits. *International Journal of Agronomy*, 7: 1-9.
- Ratchanee, P. (2019). Evaluation of advanced peanut breeding lines for large seed and early maturity in the East, Thailand. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 6(2), 128-132.
- Rao, V.T., Venkanna, V., Bhadr, D., and Bharathi D. (2014). Studies on variability, character association and path analysis on groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Pure & Applied Biosciences*, 2: 194-197.
- Sadat Hashemi, P., Mohammadi, A., Alizadeh B., Mostafavi, K., Amiri Oghan, H. (2023). Simultaneous selection of oil yield and other agronomic characteristics in winter rapeseed hybrids. *Journal of Crop Breeding*, 15(45), 60-68 (In Persian).
- Safari, P., Honarnezhad, R., and Esfahani M. (2008). Assessment of genetic variation in peanuts (*Arachis hypogaea* L.) cultivars using Canonical Discriminant Analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 2(12), 327-334 (In Persian).
- Samonte, S.O.P.B., Wilson, L.T., McClung, A.M., and Medley, J.C. (2005). Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. *Crop Science*, 45, 2414-2424.
- Shorter, R., and Norman R. (1983). Cultivar cross environment interactions for kernel yield in Virginia type peanuts (*Arachis hypogaea* L.) in Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research*, 34(4), 415-426.
- Stamatov, S., and Deshev, M. (2015). Heterosis analysis and combining ability of some morphological indicators in peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Breeding Sciences*, 2, 88-92.
- Taleghani, D., Saremirad, A. (2022). Investigation of genotype-environment interaction effect on sugar yield and determination of stability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hybrids. *Journal of Crop Breeding*, 14(44), 103-118 (In Persian).
- Teklu, D.H., Kebede, S.A., and Gebremichael, D.E. (2014). Assessment of genetic variability genetic advance, correlation and path analysis for morphological traits in sesame genotypes. *Asian Journal of Agricultural Research*, 8(4), 181-194.
- Zurweller, B.A., Xavier, A., Tillman, B.L., Mahan, J.R., Payton, P.R., and Puppala N. (2018). Pod yield performance and stability of peanut genotypes under differing soil water and regional conditions. *Journal of Crop Improvement*, 32(4), 532-551.