

Effect of Plant Density and Planting Pattern on Growth and Physiological Characteristics of Tulip cv. 'Spryng'

Davood Hashemabadi*, Behzad Kaviani, Kobra Shakeri Kiasaraei and Rasoul Onsinejad

Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Corresponding author: Associate Prof., Email: davoodhashemabadi@yahoo.com

Introduction: Tulip flower (*Tulipa* L.) from the family Liliaceae is a bulbous and monocotyledon plant that has the highest level under cultivation among this family group. Tulips can be propagated by seeds and bulbs. Its seeds produce bulbs up to two years after planting and it takes six years for the bulbs to reach the flowering stage. In fields, the quality characteristics of flowers can be changed to some extent by changing some planting characteristics such as planting pattern and plant density. Some researchers have reported changes in the quantitative and qualitative characteristics of various crops and orchards, including ornamental plants, with changes in planting pattern and plant density. One of the effects of changes in planting pattern and plant density is changes in photosynthesis and plant growth regulators. The purpose of this study was to introduce the best planting pattern, determination of the best planting density, and study the effect of plant pattern and planting density on the quantitative and qualitative characteristics of tulip (*Tulipa* L.) cv. 'Spryng'.

Materials and Methods: To evaluate the effect of planting pattern and density on growth and flower characteristics of tulip cv. 'Spryng', a study was conducted as a factorial experiment based on completely randomized block design (RCBD) with 3 replications in 27 plots. The first factor was three planting patterns (square, triangle and rectangle) and three planting densities (25, 45 and 65 plant/m²) as the second factor. Morphological and physiological traits such as height, length and diameter of stem, leaf and flower, flowering time, cut flower number, flower longevity, number, diameter and weight of bulb and bulblet, and the content of chlorophyll and carotenoid were measured. Statistical analysis of data was performed with SAS 9 software and mean comparison of the data with LSD test at 5% probability level. Graphs were drawn in Excel.

Results and Discussion: Results showed that the maximum number of cut flowers (59.90) was counted in plants cultivated in triangle cultivation design with planting density of 65 plants/m². The lowest time to start of flowering (69.30 days) and the highest content of leaf chlorophyll (13.57 µg/ml) was obtained in plants cultivated in triangle cultivation design with planting density of 45 plants/m². The most flower longevity (12.73 day) and the highest content of carotenoid (1.68 µg/ml) was obtained in plants cultivated in square cultivation design with planting density of 45 plants/m². The height of the flowering stem is one of the important traits for the marketing of cut

flowers. The results of the present study showed that the height of the tulip plant was affected by plant density and planting pattern. This result was consistent with the results reported by some researchers. At low plant densities, long plant spacing reduces plant competition for water and nutrient uptake, resulting in larger plant growth and leaf size. Also, long plant distances cause the roots to develop and grow, and the leaves to grow and thicken. Increasing the vegetative competition of adjacent plants at high densities causes photosynthetic organs to be placed in the shade (change in the quantity and composition of the received radiation spectrum in the shade leaves), which has a great effect on the balance of plant growth regulators, resulted in longitudinal and superficial growth of plant organs. It intensifies the longitudinal growth of the petiole and accelerates all the developmental processes of the plant. Plant morphology and angle of leaf deviation can also be effective in increasing leaf size. Uniform distribution of plants and greater absorption of light and nutrients increased leaf length and width. The results revealed that plants compete for light and nutrients, and in these competitive conditions, roots and stems are taller than optimal, and the distance between nodes increases. The effect of planting pattern on flowering process can be related to changes in plant photosynthesis and the availability of photosynthetic materials for the developing reproductive parts. Changes in the planting distance or pattern change inflorescence characteristics by affecting root growth and altering the production of plant growth regulators in roots. Inflorescence characteristics are changed through the transfer of these plant growth regulators to the aerial parts. Changing the distance or planting pattern can affect some characteristics of bulb and bulblet of bulbous plants. Competition for receiving maximum light and photosynthesis is a key factor in changing bulb and bulblet traits. This competition is influenced by planting arrangement and plant density. Some studies have shown that planting pattern and plant density affect the amount of plant pigments such as chlorophyll and carotenoids, the main reason being the difference in light intake.

Key words: Planting pattern and density, Flower quality, Tulip flower, Family Liliaceae.

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیک گل لاله رقم 'Spryng'

داود هاشم‌آبادی، بهزاد کاویانی، کبری شاکری کیاسرائی و رسول انسی‌نژاد

گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

*عهده‌دار مکاتبات: دانشیار، پست الکترونیک: davoodhashemabadi@yahoo.com

DOI: [10.22067/jhs.2021.72661.1092](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.72661.1092)

چکیده

گل لاله (*Tulipa L.*) از خانواده سوسن، از گل‌های پیازی و تک‌لپه می‌باشد که با بذر و سوخ قابل تکثیر است. مدت زمان از کاشت بذر تا تولید گل در این گیاه طولانی است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی اثر تراکم و الگوی کاشت بر ویژگی‌های رشد رویشی و گلدهی در گل لاله رقم 'Spryng' بود. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در ۲۷ پلات انجام گردید. سه الگوی کاشت (مربع، مثلث و مستطیل) به عنوان فاکتور اول و سه تراکم کاشت (۲۵، ۴۵ و ۶۵ پیاز در هر متر مربع) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در مرحله رشد رویشی و زایشی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد شاخه گل بریده (۵۹/۹۰) در گیاهان کاشته شده در الگوی کاشت مثلثی با تراکم کاشت ۶۵ گیاه در هر متر مربع شمارش شد. کمترین زمان تا آغاز گلدهی (۶۹/۳۰ روز) و بالاترین میزان کلروفیل برگ (۱۳/۵۷ میکروگرم در میلی‌لیتر) در گیاهان کاشته شده در الگوی کاشت مثلثی با تراکم کاشت ۴۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. بیشترین ماندگاری گل (۱۲/۷۳ روز) و بالاترین میزان کاروتنوئید (۱/۶۸ میکروگرم در میلی‌لیتر) در گیاهان کاشته شده در الگوی کاشت مربعی با تراکم کاشت ۴۵ بوته در هر متر مربع حاصل شد. در مجموع، نتایج کلی این پژوهش نشان داد که تراکم ۴۵ بوته در متر مربع و الگوی کاشت مثلث یا مربع، برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل لاله در شرایط آب و هوایی گیلان مناسب است.

کلمات کلیدی: الگو و تراکم کاشت، کیفیت گل، گل لاله، گیاهان پیازی

مقدمه

جنس لاله (*Tulipa spp.*) متعلق به خانواده سوسنیان (Liliaceae) است که گونه‌های آن بیشتر در مناطق معتدله و نیمه‌گرمسیری نیمکره شمالی پراکنش دارند. این جنس حدود ۱۰۰-۸۰ گونه دارد. لاله دارای سوخ (پدازه) پوشش‌دار است. سوخ بالغ لاله دارای ۶ برگ فلسی اندوخته‌ای است که به صفحه پایگاهی چسبیده‌اند. در محور هر فلس یک جوانه روی صفحه پایگاهی قرار دارد که این جوانه‌ها می‌توانند به سوخ گل‌دهنده تبدیل شوند. بالاترین جوانه محوری، چهار برگ و یک

گل انتهایی تولید می‌کند. از هر سوخ لاله، به مدت سه سال می‌توان گل مرغوب به دست آورد (۱۷). لاله از جمله گیاهان پیازی است که بالاترین سطح زیر کشت را در میان این گروه از گیاهان به خود اختصاص داده است. لاله با بذر و سوخ قابل تکثیر است. بذر آن تا دو سال پس از کاشت تولید سوخ می‌کند و شش سال طول می‌کشد تا سوخ به مرحله گلدهی برسد. در لاله از رشد رویشی جوانه‌های محوری، سوخک‌هایی در اطراف سوخ اصلی تشکیل می‌شوند که می‌توان از آنها در تکثیر تجاری لاله استفاده کرد (۱۶). گیاه لاله با توجه به ارزش اقتصادی بالا، تنوع بی‌نظیر در ارقام مختلف و رنگ گلبرگ، از بازاری پسندی بالایی برخوردار می‌باشد. با توجه به اینکه یکی از معیارهایی که به گل ارزش می‌دهد، خصوصیات کمی و کیفی عالی گل در زمان باز شدن می‌باشد؛ این موضوع مورد توجه اکثر شرکت‌های خصوصی است. این شرکت‌ها برای افزایش کیفیت معمولاً از هورمون‌های گیاهی یا مواد شیمیایی که هزینه زیادی دارند بهره می‌برند. در مزارع می‌توان با تغییر برخی از خصوصیات کاشت مانند الگو و تراکم کاشت تا حدودی به این صفات دست یافت که موجب کاهش هزینه‌های ناشی از استفاده از مواد شیمیایی می‌شود (۴۴).

تراکم کاشت گیاه در مزرعه یکی از عوامل مهم در تعیین عملکرد و کیفیت محصولات زراعی-باغی محسوب می‌شود که روی خصوصیات مورفولوژیکی برخی گیاهان اثرگذار است (۳، ۲۳، ۳۱). تراکم کاشت بیشتر از نظر هزینه کار و زمین مورد توجه می‌باشد و مناسب‌ترین تراکم کاشت بایستی بیشترین سود اقتصادی را داشته باشد تا عملکرد بیشتر در واحد سطح را توجیه نماید. در تراکم کمتر از حد بهینه، استفاده از عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و مواد غذایی حداکثر نیست و در تراکم بیشتر از حد بهینه نیز وجود رقابت شدید از عملکرد نهایی محصول می‌کاهد (۳۱، ۴۳). مطالعه روی ژنوتیپ‌های مختلف آفتاب‌گردان زینتی نشان داد که اگرچه تراکم کاشت اثر معنی‌داری روی محیط ساقه، قطر گل و طول ساقه داشت، اما اثر آن روی زمان گلدهی کم بود (۳۱). این محققان بیان کردند که کیفیت گل و بازدهی مطلوب می‌تواند با مدیریت صحیح تراکم کاشت به دست آید.

در ارتباط با سوخ‌ها، تراکم کاشت می‌تواند از نظر مدیریت مبارزه با آفات و بیماری‌ها، بیرون آوردن سوخ‌ها از خاک و تعیین بهترین روش آبیاری و کوددهی نیز مهم باشد. اولین تأثیر افزایش تراکم جمعیت گیاهی، افزایش رقابت بین بوته‌های مجاور و قرار گرفتن اندام‌های فتوسنتز کننده در سایه (تغییر در کمیت و ترکیب طیف تابشی دریافتی در برگ‌های تحت سایه) است که تأثیر زیادی بر تعادل تنظیم‌کننده‌های رشد دارد و در بررسی‌های متعددی به صورت افزایش سطح جیبرلین‌ها مشخص شده است و اثرات کلی آن تشدید رشد طولی پهنک و تسریع تمام فرآیندهای نموی گیاه است (۳۶). مطالعات زیادی اثر تراکم کاشت روی تغییر کمیت و کیفیت گیاهان زینتی سوخ‌دار از جمله نرگس (۱۲، ۳۴)، لاله (۲۴) و گلابیول (۴، ۸، ۲۷، ۴۵) را نشان داده‌اند. Jhon و همکاران (۲۴) گزارش کردند که تعداد و وزن پیاز و پیازچه‌های لاله در تراکم کاشت ۶۰ پیاز در هر متر مربع به طور قابل توجهی بیشتر از تراکم‌های پایین‌تر (۳۰، ۴۰ و ۵۰ پیاز در هر متر مربع) بوده است. Singh (۴۴) نشان داد که فاصله کاشت کمتر (۱۰ × ۲۰ سانتی‌متر) موجب تأخیر در گلدهی نسبت به فاصله کاشت بیشتر (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) در گل مریم شد. Parkash و همکاران (۳۷) طی آزمایشی، بهترین عملکرد گل و تعداد پیاز را در فاصله کاشت ۱۵ × ۲۰ سانتی‌متر در گل مریم به دست آوردند. Mane و همکاران (۲۹) مشاهده کردند که فاصله کاشت بیشتر (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) موجب افزایش تعداد روزهای لازم برای جوانه‌زدن (۱۱/۳۹ روز) در مقایسه با فاصله کاشت کمتر (۲۰ × ۱۵ سانتی‌متر) (۹/۵ روز) در گل مریم شد. در آفتاب‌گردان، فاصله ۷۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۳۰-۲۰ سانتی‌متر درون ردیف‌ها، در آفتاب‌گردان زینتی، ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۵ سانتی‌متر درون ردیف‌ها و برای ژربرا، ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر فضای بهینه کشت بود (۵، ۷، ۲۵).

تغییر الگوی کاشت نیز یکی از رویکردهایی است که می‌تواند تراکم، مدیریت زراعی و فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاهان مانند فتوسنتز را تحت تأثیر قرار دهد (۴۱). رعایت الگوی کاشت مناسب باعث افزایش جذب نور به وسیله برگ‌ها، افزایش

رشد و افزایش عملکرد می‌شود (۱۴). تراکم کشت بالا باعث طویل و نازک شدن ساقه می‌شود که خود نوعی سازگاری برای دریافت نور بیشتر است (۳۸، ۴۷). مراحل نموی و تمایزی گیاهان در مواجهه با تغییرات محیطی، تغییر می‌یابد که اغلب این تغییرات برای سازگاری بهتر است (۴۳).

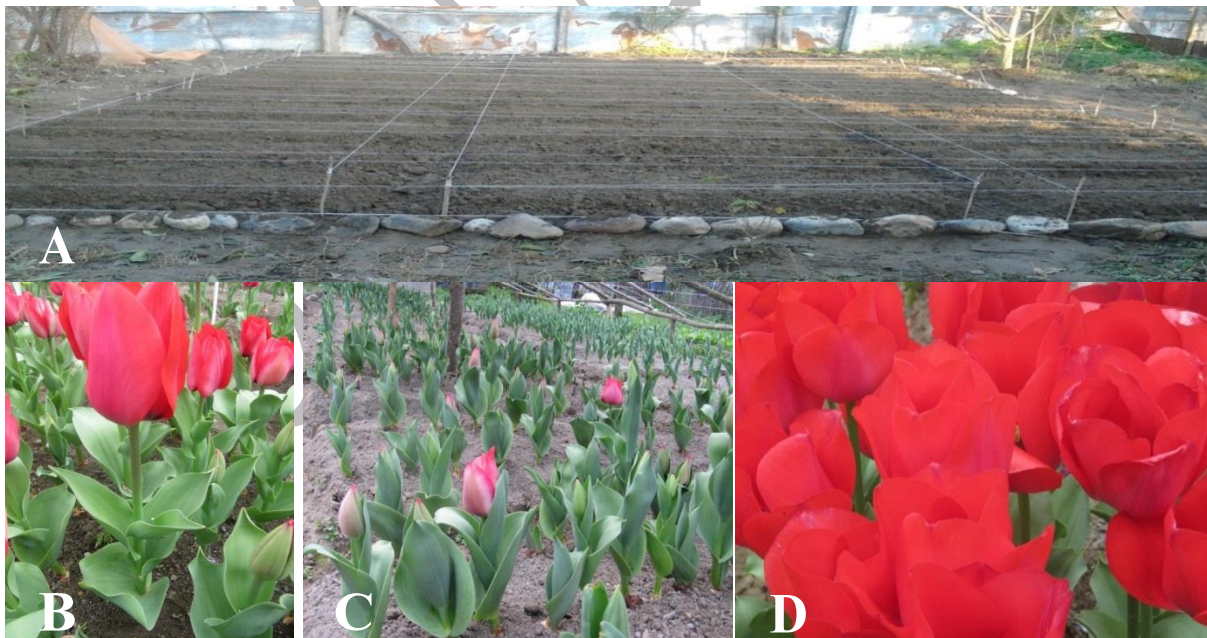
تعیین تراکم بهینه و الگوی کاشت مناسب برای استفاده مطلوب از نهاده‌ها (زمین، آب، نور و مواد غذایی) نقش مفید و مؤثری دارد و موجب افزایش کمی و کیفی محصول می‌شود. دانشور و حیدری (۱۱) نشان دادند که با کاشت پدازه گلابول در طرح مربع و فاصله ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ساقه گل‌دهنده به طور معنی‌داری بیشتر از کاشت پدازه در فاصله ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر در هر دو طرح مثلث و مربع بود. در هر دوی این طرح‌ها، افزایش فاصله کاشت موجب کاهش تعداد پدازه‌های جدید گردید. Gomes و همکاران (۱۹) با بررسی اثر تراکم و الگوی کاشت روی گیاه همیشه‌بهار اعلام کردند، حداکثر بیوماس در تراکم ۹۱۰۳۷ بوته در هکتار به دست آمد و نتیجه گرفتند هر قدر فاصله ردیف‌ها کاهش و تراکم بوته‌ها افزایش یابد تعداد گلبرگ و قطر آن کاهش می‌یابد.

در ایران و جهان در ارتباط با تأثیر متقابل تراکم و الگوی کاشت پیاز بر کیفیت گل لاله مطالعه زیادی انجام نشده است. این مطالعه به منظور تعیین بهترین تراکم و الگوی کاشت پیاز بر کیفیت گل لاله انجام شد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، معرفی بهترین الگوی کاشت، تعیین بهترین تراکم کاشت و بررسی دقیق اثر الگو و تراکم کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng' بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

پیازهای گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng' با میانگین قطر ۵/۴۸ سانتی‌متر که قبلاً در معرض پیش‌تیمار سرمادهی قرار گرفته بودند در اواخر دی ماه از یک مؤسسه خصوصی در شهرستان محلات تهیه شدند.



شکل ۱- زمین کرت‌بندی شده محل آزمایش (A)، گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng' مورد استفاده در آزمایش حاضر (B)، ظاهر شدن گلبرگ‌ها به عنوان آغاز زمان گلدهی (C) و آغاز پژمرده‌شدن گل‌ها با مشاهده پلاستیدگی روی لبه‌های گلبرگ (D).

آماده‌سازی بسترهای کاشت

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در کرت‌هایی به مساحت 0.6 m^2 (ابعاد 50×120 cm) در ۳ تکرار و ۹ تیمار و مجموعاً ۲۷ پلات (کرت) در روستای میرحله از توابع ماسال و شاندرمن در شمال ایران اجرا شد. محل آزمایش در فاصله ۶۵ کیلومتری شهرستان رشت و بین عرض‌های جغرافیایی 37° تا 29° و 37° شمالی و طول‌های جغرافیایی 43° و 48° تا 11° و 49° شرقی قرار گرفته است. محل کشت پیازها دارای متوسط سالانه درجه حرارت $15/1$ درجه سانتی‌گراد است که این میزان بین ۶ درجه در ماه اسفند تا $24/7$ درجه در ماه مرداد تغییر می‌یابد. میزان رطوبت نسبی نیز ۸۳ درصد می‌باشد. سه الگوی کاشت (مربع: P_1 ؛ مثلث: P_2 ؛ مستطیل: P_3) به عنوان فاکتور اول و سه تراکم کاشت ($D_1: 65$; $D_2: 45$; $D_3: 25$) بوته در مترمربع) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. برای آماده کردن زمین و تهیه کرت‌ها، قطعه زمین مورد نظر تا عمق ۲۰ cm در دی ماه شخم زده شد. سپس زمین محل آزمایش کرت‌بندی شد و ارتفاع کرت‌ها توسط مخلوط ماسه و خاکبرگ ۲۰ cm از سطح زمین بالا آورده شد (شکل ۱A). پیازهای گل لاله رقم 'Spryng' با اندازه های یکسان (میانگین قطر پیاز ۵/۴۸ cm) انتخاب شدند و قبل از کاشت با قارچ‌کش بنومیل (غلظت ۵ در هزار) ضدعفونی سطحی گردیدند و کشت شدند. کلیه عملیات داشت مانند آبیاری، وجین علف هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در تمام کرت‌ها بطور یکنواخت انجام گردید. با توجه به بارندگی و رطوبت بالای هوا در استان گیلان به ویژه در بهار و زمستان، آبیاری در صورت نیاز انجام شد. کوددهی سه ماه پس از کشت پیازها به صورت: 140 کیلوگرم در هکتار کود ازت، 50 کیلوگرم در هکتار کود فسفر، 150 کیلوگرم در هکتار پتاسیم و 110 کیلوگرم در هکتار کود کلسیم انجام شد. البته، در پاییز و قبل از کاشت نیز مقادیر مشابه از فسفر و پتاسیم به بستر افزوده شد. گلدهی بوته‌ها (شکل ۱B, C) از هفته آخر اسفند ماه آغاز گردید و برداشت پیازها نیز در آخر خرداد بعد از خشک شدن برگ‌ها انجام گرفت.

اندازه‌گیری صفات

رشد و نمو بخش رویشی و زایشی در لاله همزمان صورت می‌گیرد، بنابراین صفاتی همچون ارتفاع و قطر ساقه، طول و عرض برگ در مرحله باز شدن گل (70 روز پس از کاشت پیاز) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات رویشی و زایشی و صفات مربوط به پیاز، از هر کرت (پلات) ۵ بوته به صورت تصادفی گزینش شد و صفات مورد نظر اندازه‌گیری و سپس میانگین آنها ثبت گردید. ارتفاع از سطح خاک تا بالاترین نقطه گل با خط‌کش و با مقیاس سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. قطر ساقه در محل ۲۰ cm بالاتر از سطح خاک با کولیس و با مقیاس میلی‌متر اندازه‌گیری شد. دومین برگ گیاه از انتهای ساقه با خط‌کش و با مقیاس سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. قطر گل در مرحله باز شدن کامل گل با کولیس و با مقیاس میلی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد روزهای طی شده پس از کاشت پیاز تا ظاهر شدن گلبرگ‌ها به عنوان مدت زمان گلدهی تعیین گردید. تفاضل بین گلدهی و زمان آغاز پژمرده شدن گل (شکل ۱D) در هر تیمار به عنوان مدت زمان ماندگاری گل اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید گلبرگ و کلروفیل برگ، از تیمارهای مختلف (در مرحله باز شدن کامل گل) به صورت تصادفی نمونه برداری شد. مقدار 0.5 گرم از گلبرگ و برگ هر بوته وزن شد و در هاون چینی با محلول CC ۸۰ استون همراه با CC ۲۰ آب مقطر کاملاً له گردید. سپس عصاره حاصل از صافی رد شد و در ظروف کوچک (کوت) ریخته شد و به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر در سه طول موج ($A_{(440)}$ ، $A_{(645)}$ ، $A_{(663)}$) برای کاروتنوئید و دو طول موج ($A_{(660)}$ ، $A_{(643)}$) برای کلروفیل قرائت گردید.

$$\text{کاروتنوئید } (\mu\text{g/ml}) = 4/69 \times A_{(440)} - 0/268 \times 20/2 \times A_{(645)} + 1/02 \times A_{(663)}$$

$$\text{a کلروفیل } (\mu\text{g/ml}) = 9/93 \times A_{(660)} - 0/777 \times A_{(643)}$$

$$\text{b کلروفیل } (\mu\text{g/ml}) = 17/6 \times A_{(643)} - 2/81 \times A_{(660)}$$

$$\text{کلروفیل کل } (\mu\text{g/ml}) = 7/12 \times A_{(660)} + 16/8 \times A_{(643)}$$

در خرداد ماه، قطر پیاز (پیازچه) به وسیله کولیس و با مقیاس میلی‌متر و تعداد پیاز (پیازچه) حاصل با شمارش مشخص گردید. وزن تر پیازها، پیازچه‌ها و اندام هوایی پس از پایان دوره گلدهی و برداشت، با ترازوی دیجیتالی حساس توزین گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، پیازها، پیازچه‌ها و اندام هوایی به صورت جداگانه به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً توزین گردیدند. وزن تر و خشک با مقیاس گرم توزین و بیان گردیدند. سپس از تقسیم وزن خشک به وزن تر ضربدر صد، درصد ماده خشک پیاز، پیازچه و اندام هوایی به دست آمد. در مرحله باز شدن کامل گل، گلبرگ‌ها برداشت شدند و وزن تر، وزن خشک و درصد ماده خشک گلبرگ‌ها به روش فوق اندازه‌گیری شدند.

تجزیه آماری

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودار با کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر صفات رویشی و زایشی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر متقابل تراکم گیاه و الگوی کاشت روی صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، طول برگ، زمان گلدهی و ماندگاری گل در سطح احتمال ۵ درصد و روی تعداد شاخه گل بریده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بررسی برهم‌کنش تیمارهای تراکم گیاه و الگوی کاشت نشان داد که بیشترین ارتفاع ساقه (۴۱/۰۸ سانتی‌متر) و تعداد گل شاخه‌بریده (۵۹/۹۰) در تیمار الگوی مثلث و ۶۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. کمترین ارتفاع ساقه (۳۵/۲۸ سانتی‌متر) و تعداد گل شاخه‌بریده (۱۷/۲۸) در تیمار مستطیل و ۲۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد (جدول ۴). این جدول نشان می‌دهد که الگوهای کاشت مربع و مثلث در تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع، به ترتیب با تولید ۱۸/۸۸ و ۱۹/۴۴ گل شاخه‌بریده، الگوها و تراکم مناسبی برای تولید گل با تعداد بالا نبودند. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که بالاترین قطر ساقه گل‌دهنده (۴/۵۸ میلی‌متر) و بیشترین ماندگاری گل (۱۲/۷۳) در الگوی مربع و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. در هر دوی این صفات، کمترین ارزش در الگوی کاشت مستطیلی و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع محاسبه شد. بالاترین طول برگ (۱۴/۴۶ سانتی‌متر) در الگوی کاشت مربع و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع و سریع‌ترین زمان گلدهی (۶۹/۳۰ روز) در الگوی مثلث و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. الگوی مثلثی و تراکم ۲۵ و ۴۵ بوته در هر متر مربع، به ترتیب کمترین ارزش طول برگ و کندترین زمان تا گلدهی را تحریک کردند (جدول ۴).

ارتفاع ساقه گل‌دهنده یکی از صفات مهم برای بازارپسندی گل‌های شاخه بریده می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ارتفاع گیاه لاله تحت تأثیر تراکم گیاه و الگوی کاشت قرار گرفته است. این نتیجه با یافته‌های دانشور و حیدری (۱۲) روی گل سوسن منطبق است. Gupta و Sharma (۴۲) نشان دادند که افزایش فاصله کاشت منجر به افزایش ارتفاع در گلابول گردید. در تراکم‌های پائین گیاه، فواصل زیاد بوته‌ها از یکدیگر باعث کاهش رقابت ریشه‌های گیاهان در جذب آب و مواد غذایی می‌شود در نتیجه رشد بوته‌ها افزایش می‌یابد و ابعاد برگ بزرگ‌تر خواهد شد. همچنین فواصل زیاد بوته باعث توسعه و رشد ریشه‌ها، افزایش فعالیت فیزیولوژیک ریشه‌ها مانند تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و بزرگ‌شدن و ضخیم‌شدن برگ‌ها می‌گردد (۴۸). افزایش رقابت رویشی بوته‌های مجاور در تراکم‌های بالا، موجب قرار گرفتن اندام‌های فتوسنتزکننده در سایه (تغییر در کمیت و ترکیب طیف تابشی دریافتی در برگ‌های تحت سایه) می‌شود که این امر تأثیر زیادی بر تعادل تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله سطح جیبرلین دارد و اثرات کلی آن تشدید رشد طولی پهنک و تسریع تمام فرآیندهای نموی گیاه است (۳۶). مورفولوژی گیاه و زاویه انحراف برگ نیز می‌تواند در افزایش ابعاد برگ مؤثر باشد. پراکنش یکنواخت بوته‌ها و جذب بیشتر نور و مواد غذایی باعث افزایش طول و عرض برگ می‌شود (۳۶، ۳۱).

ارتفاع گیاه خرزهره در تراکم ۲۵ گیاه در هر متر مربع زیاد بود در حالی که بالاترین تعداد شاخه در تراکم ۱۰ گیاه در هر متر مربع به دست آمد (۲۸). نتایج مشابه در ارتباط با بازدهی گل، بازدهی روغن و بازدهی کل گیاه در خرزهره (۱۸، ۳۳)، سوسن (۲) و گلرنگ (۳۹) گزارش شد. در آفتابگردان زینتی تراکم‌های مختلف کاشت روی قطر گل، محیط ساقه و طول ساقه اثر داشت. کمترین قطر گل، نازک‌ترین محیط ساقه و طویل‌ترین ارتفاع ساقه در متراکم‌ترین فضای کاشت (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) حاصل شد، اگرچه تراکم کاشت اثری روی زمان گلدهی نداشت (۳۱). این نتایج نشان داد که گلدهی یک صفت نسبتاً پایدار است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد. در حالی که قطر ساقه تحت تأثیر تراکم کاشت قرار داشت. پژوهش حاضر این نتیجه را تأیید کرد زیرا تراکم کاشت اثر معنی‌داری روی زمان گلدهی نداشت. قطر گل باید جذابیت، ثبات و حمل و نقل آنرا توجیه کند. Mojiri و Arzani (۳۲) نشان دادند که در آفتابگردان، تراکم کاشت بیشتر باعث تولید گل‌هایی با قطر کمتر و طول ساقه و طول گیاه بیشتر شد. Beg و همکاران (۶) نشان دادند که در شرایط تراکم کاشت بالا، ساقه‌های نازک‌تری تولید می‌شود. این نتایج آشکار کرد که گیاهان برای نور و مواد مغذی با یکدیگر رقابت می‌کنند و در این شرایط رقابتی، ریشه و ساقه بلندتری نسبت به حد بهینه دارند و فواصل بین میانگره‌ها افزایش می‌یابد (۱، ۱۰، ۱۵).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات رویشی و زایشی گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng'

Table 1- Analysis of variance of the effect of planting pattern and plant density on vegetative and reproductive traits of tulip (*Tulipa L.*) cv. 'Spryng'

ماندگاری گل Flower longevity	قطر گل Flower diameter	تعداد شاخه گل بریده Number of cut flower	زمان گلدهی Flowering time	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع ساقه Stem height	درجه آزادی df	منبع تغییرات S.o.V.
0.0134 ^{ns}	0.8326 ^{ns}	3.32 ^{ns}	0.0047 ^{ns}	0.0572 ^{ns}	0.1140 ^{ns}	0.00173 ^{ns}	25.57 ^{**}	2	تکرار Replicate
0.2158 ^{**}	2.403 [*]	81.48 ^{**}	1.5788 ^{**}	0.1584 [*]	0.3422 [*]	0.0716 ^{**}	5.124 [*]	2	الگوی کاشت Planting pattern (A)
0.555 ^{**}	26.12 ^{**}	74.57 ^{**}	0.191 ^{ns}	0.4624 ^{**}	1.548 ^{**}	0.0225 [*]	26.31 ^{**}	2	تراکم گیاه Plant density (B)
0.0636 [*]	1.024 ^{ns}	40.60 ^{**}	0.323 [*]	0.0505 ^{ns}	0.3507 [*]	0.0174 [*]	4.63 [*]	4	الگو × تراکم A × B
0.0171	0.494	2.01	0.075	0.038	0.089	0.0062	1.357	16	خطا Error
-	-	-	-	-	-	-	-	26	کل Total
1.07	1.93	3.38	1.39	1.93	2.2	1.77	3.058	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)

^{**}, ^{*}, ^{ns}: significant difference at the probability level of 5 and 1%, respectively, and no significant difference
^{**}, ^{*}, ^{ns}: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات پیاز و پیازچه گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng'

Table 2- Analysis of variance of the effect of planting pattern and plant density on bulb and bulblet traits of tulip (*Tulipa L.*) cv. 'Spryng'

درصد ماده خشک پیازچه Bulblet dry matter percentage	وزن تر پیازچه Bulblet fresh weight	قطر پیازچه Bulblet diameter	تعداد پیازچه Bulblet number	درصد ماده خشک پیاز Bulb dry matter percentage	وزن تر پیاز Bulb fresh weight	قطر پیاز Bulb diameter	تعداد پیاز Bulb number	درجه آزادی df	منبع تغییرات S.o.V.
0.949 ^{ns}	0.0049 ^{ns}	0.262 ^{ns}	0.020 ^{ns}	4.71 ^{ns}	0.7543 [*]	0.2584 ^{ns}	0.0056 ^{ns}	2	تکرار Replicate
18.69 ^{**}	0.527 ^{**}	10.28 ^{**}	0.377 ^{**}	19.58 [*]	8.378 ^{**}	1.518 ^{**}	0.062 ^{**}	2	الگوی کاشت Planting pattern (A)
0.729 ^{ns}	0.552 ^{**}	2.918 ^{**}	0.252 ^{**}	29.17 ^{**}	0.128 ^{ns}	0.284 ^{ns}	0.094 ^{**}	2	تراکم گیاه Plant density (B)
22.80 ^{**}	0.666 ^{**}	2.97 ^{**}	0.089 ^{**}	9.34 [*]	1.537 ^{**}	0.616 [*]	0.0195 ^{**}	4	الگو × تراکم A × B

1.172	0.042	0.516	0.01	1.99	0.202	0.164	0.025	16	خطا Error
-	-	-	-	-	-	-	-	26	کل Total
3.36	4.73	3.39	4.67	6.47	1.99	1.1	3.16	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)

***, **, ns: significant difference at the probability level of 5 and 1%, respectively, and no significant difference
 به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات فیزیولوژیک گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng'
 Table 3- Analysis of variance of the effect of planting pattern and plant density on physiologic traits of tulip (*Tulipa L.*) cv. 'Spryng'

کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	کاروتنوئید گلبرگ Petal carotenoid	درصد ماده خشک گلبرگ Dry matter percentage of petal	وزن تر گلبرگ Petal fresh weight	درصد ماده خشک اندام هوایی Dry matter percentage of aerial organ	وزن تر اندام هوایی Fresh weigh of aerial organ	درجه آزاد df	منبع تغییرات S.o.V.
0.063 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.071 ^{ns}	0.047 ^{ns}	0.0413 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.0127 ^{ns}	2.306 ^{**}	2	تکرار Replicate
5.827 ^{**}	40.401 ^{**}	3.818 ^{**}	0.167 ^{**}	0.1867 [*]	0.036 ^{ns}	0.2855 ^{**}	1.069 ^{ns}	2	الگوی کاشت Planting pattern (A)
2.79 ^{**}	0.352 ^{**}	1.058 ^{**}	0.025 [*]	0.4019 ^{**}	0.305 ^{**}	2.052 ^{**}	31.99 ^{**}	2	تراکم گیاه Plant density (B)
0.117 ^{**}	0.021 ^{ns}	0.278 ^{**}	0.032 [*]	0.8301 ^{**}	0.378 ^{**}	0.1069 ^{**}	3.074 ^{**}	4	الگو × تراکم A × B
0.022	0.021	0.055	0.007	0.4	0.045	0.014	0.327	16	خطا Error
-	-	-	-	-	-	-	-	26	کل Total
1.24	2.87	3.3	5.91	2.14	2.3	1.13	1.57	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)

***, **, ns: significant difference at the probability level of 5 and 1%, respectively, and no significant difference
 به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات رویشی و زایشی گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng'

Table 1- Mean comparison of the effect of planting pattern and plant density on vegetative and reproductive traits of tulip (*Tulipa L.*) cv. 'Spryng'

مقایسه میانگین						
Mean comparison						
ماندگاری گل	تعداد شاخه گل بریده	زمان گلدهی	طول برگ	قطر ساقه	ارتفاع ساقه	تیمارها (الگوی کاشت × تراکم گیاه)
Flower longevity	Number of cut flower	Flowering time (day)	Leaf length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem height (cm)	Treatments (planting design × plant density)
12.03c	56.60c	70.43ab	14.46a	4.48ab	39.85ab	مربع × ۶۵ بوته در هر متر مربع Square × 65 plantlet/m ²
12.73a	32.20e	70.26ab	13.53bc	4.58a	37.85bc	مربع × ۴۵ بوته در هر متر مربع Square × 45 plantlet/m ²
12.33b	18.88f	70.56a	13.38bc	4.51ab	37.41cd	مربع × ۲۵ بوته در هر متر مربع Square × 25 plantlet/m ²
11.96c	59.90a	70.07ab	13.89b	4.49ab	41.08a	مثلث × ۶۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 65 plantlet/m ²
12.30b	36.10d	69.30d	13.91b	4.49ab	39.68ab	مثلث × ۴۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 45 plantlet/m ²
11.96c	19.44f	69.53cd	12.98c	4.54ab	36.30cd	مثلث × ۲۵ بوته در هر متر مربع Triangle × 25 plantlet/m ²
11.82c	55.50b	70.43ab	13.43bc	4.26c	38.31bc	مستطیل × ۶۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 65 plantlet/m ²
12.28b	31.10e	70.56a	13.74b	4.43ab	37.13cd	مستطیل × ۴۵ بوته در هر متر مربع Rectangular × 45 plantlet/m ²

12.26b	17.28f	69.93bc	13.03c	4.40b	35.28d	مستطیل $25 \times$ بوته در هر متر مربع
						Rectangular $\times 25$ plantlet/m ²

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می دهد.
Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% level by LSD test.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات پیاز و بیازچه گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng'

Table 2- Mean comparison of the effect of planting pattern and plant density on bulb and bulblet traits of tulip (*Tulipa L.*) cv. 'Spryng'

مقایسه میانگین								تیمارها (الگوی کاشت \times تراکم گیاه)
Mean comparison								
ماده خشک پیاز	وزن تر پیاز	قطر پیاز	تعداد پیاز	ماده خشک پیاز	وزن تر پیاز	قطر پیاز	تعداد پیاز	Treatments (planting design \times plant density)
Bulblet dry matter (%)	Bulblet fresh weight (g)	Bulblet diameter (mm)	Bulblet number	Bulb dry matter (%)	Bulb fresh weight (g)	Bulb diameter (mm)	Bulb number	
33.71a	3.69c	19.13e	2.41a	24.45abc	23.51b	36.77bcd	1.58cd	مربع $\times 65$ بوته در هر متر مربع
								Square $\times 65$ plantlet/m ²
34.57a	4.62b	21.77abc	2.08b	24.97c	23.03bc	37.51ab	1.50de	مربع $\times 45$ بوته در هر متر مربع
								Square $\times 45$ plantlet/m ²
31.48b	4.00c	19.65de	2.58a	28.33ab	24.66a	37.57a	1.41e	مربع $\times 25$ بوته در هر متر مربع
								Square $\times 25$ plantlet/m ²
35.26a	3.98c	21.33bc	1.91c	26.59bc	22.48cd	37.09abc	1.76a	مثلث $\times 65$ بوته در هر متر مربع
								Triangle $\times 65$ plantlet/m ²
31.41b	4.74ab	22.60ab	1.83c	30.04a	22.13de	37.10abc	1.58cd	مثلث $\times 45$ بوته در هر متر مربع
								Triangle $\times 45$ plantlet/m ²
31.61b	5.02a	22.97a	2.00bc	30.58a	21.56e	36.24d	1.41e	مثلث $\times 25$ بوته در هر متر مربع

28.26bc	4.68ab	21.38bc	2.50a	24.78c	22.24cde	36.19d	1.66bc	Triangle × 25 plantlet/m ² مستطیل × ۶۵ بوته در هر متر مربع
29.62bc	4.47b	20.88cd	2.00bc	24.41c	22.35cde	36.51cd	1.75ab	Rectangular × 65 plantlet/m ² مستطیل × ۴۵ بوته در هر متر مربع
33.76a	4.03c	20.64cd	2.08b	29.55ab	21.63de	36.70cd	1.58cd	Rectangular × 45 plantlet/m ² مستطیل × ۲۵ بوته در هر متر مربع
								Rectangular × 25 plantlet/m ²

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می دهد.
Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% level by LSD test.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه روی صفات فیزیولوژیک گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng'
Table 3- Mean comparison of the effect of planting pattern and plant density on physiological traits of tulip (*Tulipa L.*) cv. 'Spryng'

مقایسه میانگین							تیمارها (الگوی کاشت × تراکم گیاه) Treatments (planting design × plant density)
Mean comparison							
کلروفیل کل Total chlorophyll (µg/ml)	کلروفیل a Chlorophyll a (µg/ml)	کاروتنوئید گلبرگ Petal carotenoid (µg/ml)	درصد ماده خشک گلبرگ Dry matter percentage of petal (%)	وزن تر گلبرگ Petal fresh weight (g)	درصد ماده خشک اندام هوایی Dry matter percentage of aerial organ (%)	وزن تر اندام هوایی Fresh weigh of aerial organ (g)	
11.88ef	6.99bc	1.55ab	8.91c	9.31abc	10.81bc	35.47bc	مربع × ۶۵ بوته در هر متر مربع Square × 65 plantlet/m ²
12.57c	7.42b	1.68a	10.10a	9.16bcd	11.06a	34.57cd	مربع × ۴۵ بوته در هر متر مربع Square × 45 plantlet/m ²
11.73f	6.94c	1.52bc	8.90c	9.09bcd	10.30d	38.23a	مربع × ۲۵ بوته در هر متر مربع

12.91b	8.24a	1.23e	9.93a	8.79d	10.20d	33.85d	Square × 25 plantlet/m ² مثلث × ۶۵ بوته در هر متر مربع
13.57a	7.98a	1.37cde	9.36b	9.69a	10.96ab	35.99b	Triangle × 65 plantlet/m ² مثلث × ۴۵ بوته در هر متر مربع
12.31cd	7.11bc	1.35de	9.23bc	9.42ab	9.95e	39.15a	Triangle × 45 plantlet/m ² مثلث × ۲۵ بوته در هر متر مربع
10.92g	6.38d	1.37cde	9.52b	8.95cd	10.72c	36.34b	Triangle × 25 plantlet/m ² مستطیل × ۶۵ بوته در هر متر مربع
12.07de	6.86c	1.41bcd	8.98c	9.01cd	10.94ab	35.64b	Rectangular × 65 plantlet/m ² مستطیل × ۴۵ بوته در هر متر مربع
10.99g	6.19d	1.46bcd	9.18bc	9.60a	9.85c	38.33a	Rectangular × 45 plantlet/m ² مستطیل × ۲۵ بوته در هر متر مربع
							Rectangular × 25 plantlet/m ²

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می دهد.
 Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% level by LSD test.

نتایج نشان داد که تغییر تراکم و الگوی کاشت می‌تواند روی زمان ظهور گل‌ها تا حدی مؤثر باشد. این نتایج با گزارش دانشور و حیدری (۱۱) که عنوان داشتند روند ظهور ساقه‌های گل‌دهنده تحت تأثیر الگو و فاصله کاشت قرار دارد، مطابقت دارد. احتمالاً تأثیر الگوی کاشت بر روند گلدهی می‌تواند مربوط به تغییر در فتوسنتز گیاه و فراهم‌بودن مواد فتوسنتزی برای بخش‌های زایشی در حال نمو باشد. افزایش فاصله کاشت موجب کاهش قطر گل در گل بریده نرگس گردید (۱۱). تغییر فاصله و یا الگوی کاشت از طریق تأثیر بر گسترش ریشه موجب تغییر در تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌شود که از ریشه به قسمت هوایی منتقل می‌گردند و خصوصیات گل‌آذین مانند گل‌انگیزی و رشد اندام‌های زایشی را تغییر می‌دهند (Corbesier et al., 2003). بر خلاف یافته‌های پژوهش حاضر، Gomes و همکاران (۱۹) گزارش دادند که هر قدر فاصله ردیف‌ها کاهش و تراکم بوته‌ها افزایش یابد، تعداد گلبرگ و قطر آن کاهش می‌یابد. افزایش میزان ماندگاری گل یکی از موارد مهم برای تولیدکنندگان گیاهان زینتی می‌باشد.

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر صفات مربوط به پیاز و پیازچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل تراکم گیاه و الگوی کاشت روی همه صفات مربوط به پیاز و پیازچه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارهای تراکم گیاه و الگوی کاشت (جدول ۵) نشان داد که بیشترین تعداد پیاز (۱/۷۶) و بالاترین درصد ماده خشک پیازچه (۳۵/۲۶) در تیمار الگوی مثلث و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. کمترین تعداد پیاز (۱/۴۱) در الگوی کاشت مربع و مثلث در تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد پیازچه (۲/۵۸)، بالاترین قطر پیاز (۳۷/۵۷ میلی‌متر) و بالاترین وزن تر پیاز (۲۴/۶۶ گرم) در الگوی کاشت مربع و تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. الگوی کاشت مستطیل و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع با تحریک تولید ۲/۵۰ پیازچه، تیمار مناسبی بود. کمترین تعداد پیازچه (۱/۸۳) در الگوی کاشت مثلث در تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد (جدول ۵). در هر سه صفت؛ وزن خشک پیاز، قطر پیازچه و وزن تر پیازچه، بالاترین ارزش (به ترتیب با ۳۰/۵۸ گرم، ۲۲/۹۷ میلی‌متر و ۵/۰۲ گرم) در الگوی کاشت مثلثی و تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع محاسبه شد.

در پژوهش حاضر مشخص شد که تغییر فاصله و یا الگوی کاشت می‌تواند برخی ویژگی‌های پیاز و پیازچه لاله (مانند تعداد، قطر، وزن تر و درصد ماده خشک) را تحت تأثیر قرار دهد. این نتایج با گزارش Jhon و همکاران (۲۴) مطابقت دارد که نشان دادند تعداد و وزن پیاز و پیازچه لاله با افزایش تراکم افزایش یافت. وزن و تعداد پدازه در گلابول تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (۱۱، ۴۶). رقابت برای دریافت نور حداکثری و فتوسنتز، عامل اصلی برای تغییر صفات مربوط به پیاز و پیازچه است. این رقابت تحت تأثیر آرایش کاشت و تراکم گیاه قرار دارد (۲۲، ۲۶). Le Nard و De Hertogh (۱۳) گزارش دادند که رشد و نمو گیاهان پیازی تحت تأثیر برخی عوامل محیطی مانند نور، درجه حرارت و رطوبت قرار می‌گیرد و احتمالاً رطوبت مهمترین عامل محیطی محسوب می‌شود. یکی از وظایف سوخ در گیاهان سوخ‌دار از جمله لاله، ذخیره آب است، بنابراین، می‌توان بیان کرد که تراکم کاشت روی دریافت نور بیشتر از رطوبت اثر می‌گذارد. البته، بایستی اهمیت الگوی کاشت از جنبه نور دریافتی توسط بوته‌ها مورد توجه بیشتری قرار گیرد. در پژوهش حاضر، بیشترین ماده خشک اندام هوایی و پیاز در تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع حاصل شد که نشان‌دهنده تراکم بهینه است، اما تراکم ۶۵ بوته از نظر تعداد پیاز برتر بود که امری طبیعی است. ماده خشک پیازچه در تراکم ۶۵ بوته در متر مربع در الگوهای کاشت مربع و مثلث در زمره تیمارهای برتر بودن که علت آن بیشتر ناشی از الگوهای کاشت مربع و مثلث است. این دو الگوی کاشت به ویژه مثلثی، رقابت نوری را کاهش می‌دهند. کاهش شدت نور علاوه بر کاهش شدت فتوسنتز، می‌تواند موجب ایجاد سایه و کاهش درجه حرارت در محیط اطراف بوته‌ها گردد. این کاهش شدت نور علاوه بر کاهش عملکرد در گیاهان پیازی، موجب کاهش اندازه پیاز می‌گردد (۴۱). به نظر می‌رسد یکی دیگر از دلایل تأثیر فاصله و تراکم کاشت، تأثیر بر رشد ریشه باشد. Heinen و همکاران (۲۱)

در تعیین مدل ریاضی مربوط به رشد ریشه گیاهان مختلف به این نتیجه رسیدند که نحوه گسترش ریشه‌ها تحت تأثیر عواملی مانند محیط رشد ریشه، نحوه به‌کارگیری کود و میزان آب قرار می‌گیرد و موارد ذکر شده پارامترهای اصلی هستند که می‌توانند مدل ریاضی تخمین رشد را تحت تأثیر قرار دهند.

اثر تراکم گیاه و الگوی کاشت بر صفات فیزیولوژیک

اثر تیمارهای مختلف تراکم گیاه و الگوی کاشت روی همه صفات فیزیولوژیک به غیر از کلروفیل b در سطح آماری یک درصد و برای کاروتنوئید در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تیمارهای تراکم گیاه و الگوی کاشت نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی (۳۹/۱۵ گرم) در تیمار الگوی مثلث و ۲۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. بیشترین ماده خشک اندام هوایی (۱۱/۰۶ درصد) و ماده خشک گلبرگ (۱۰/۱۰ گرم) و بالاترین میزان کاروتنوئید گلبرگ (۱/۶۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در آرایش کاشت مربع و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد (جدول ۴). بالاترین وزن تر گلبرگ (۹/۶۹ گرم) و بیشترین میزان کلروفیل کل (۱۳/۵۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در الگوی مثلث و تراکم ۴۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد. وزن تر گلبرگ (۹/۶۰ گرم) در الگوی کاشت مستطیلی و تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع نیز بالا بود. بیشترین میزان کلروفیل a (۸/۲۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در الگوی مثلث و تراکم ۶۵ بوته در هر متر مربع به دست آمد (جدول ۴).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش تراکم کاشت منجر به کاهش وزن تر و افزایش درصد ماده خشک گردید. این نتایج با یافته‌های Samani و همکاران (۴۰) انطباق داشت. Martin و Deo (۳۰) نیز گزارش دادند که با افزایش تراکم، وزن خشک گیاه و گل همیشه‌بهار افزایش یافت. با افزایش تراکم، فضا برای رشد گیاه کاهش می‌یابد که خود باعث کاهش وزن تر گیاه و گل می‌شود (۲۰). مستوفی‌پور و هاشم‌آبادی (۳۵) گزارش کردند که آرایش کاشت روی وزن همیشه‌بهار تأثیر داشت. آرایش کاشت مستطیل به علت کاهش تشعشع نور و رقابت شدید، رشد گیاه و ماده خشک بوته را کاهش داد. توزیع فضای گیاهان در یک جامعه گیاهی با جذب تشعشع در ارتباط است و این صفت نقش تعیین‌کننده‌ای در ظرفیت فتوسنتز و عملکرد گیاه دارد. در گل نرگس، افزایش تراکم کاشت منجر به افزایش وزن تر گل شد (۱۲). در مرحله قبل از گلدهی، تأثیر شدت نور بر تأمین مواد فتوسنتزی برای سوخ‌های در حال رشد و یا شاخه‌های گل‌دهنده در طول دوره رشد مهم می‌باشد زیرا گل‌آذین‌های در حال رشد و نمو برای دریافت این مواد با سوخ‌های در حال رشد رقابت می‌نمایند ولی پس از برداشت گل، شدت نور می‌تواند تولید مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای ذخیره در سوخ را تحت تأثیر قرار دهد (۲۲). با توجه به اینکه رشد گیاه لاله در نیمه دوم سال انجام می‌گیرد که شدت نور در طول این دوره کاهش می‌یابد، احتمالاً شدت یا طول موج نور در تراکم‌های کاشت مختلف بر فتوسنتز گیاه لاله تأثیر داشته است. با توجه به اینکه در تعیین کیفیت ظاهری و ارزش اقتصادی گل لاله، علاوه بر قیمت و وضعیت کلی ظاهری گل، مواردی همچون رنگ گل نیز مهم می‌باشد، نتایج آزمایش حاضر نشان داد که میزان کاروتنوئید گلبرگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. بنابراین، این شاخص می‌تواند به عنوان معیاری مناسب جهت ارزیابی اثر الگو و تراکم کاشت بر کیفیت ظاهری گل پیشنهاد شود. نتایج این مطالعه با گزارش مستوفی‌پور و هاشم‌آبادی (۳۵) روی گل همیشه‌بهار هماهنگی دارد. این محققان نشان دادند که بیشترین میزان کاروتنوئید در طرح کاشت مربع حاصل شد که این امر مشخص می‌کند فضای یکنواخت بین بوته‌ها باعث افزایش کاروتنوئید در گیاه به علت پخش یکنواخت نور و همچنین دریافت نور بیشتر توسط برگ‌های پایینی گیاه شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش تراکم تا تعداد ۴۵ بوته در متر مربع منجر به افزایش میزان کلروفیل گردید، اما پس از آن روند کاهشی نشان داد. به نظر می‌رسد که دلیل این کاهش، ناشی از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی خاک است.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که تغییر الگوی کاشت می‌تواند تا حدی اثر تراکم کاشت را در گیاه لاله تحت تأثیر قرار دهد. افزایش تراکم کاشت تا ۴۵ بوته در متر مربع و الگوهای کاشت مثلث و مربع، منجر به افزایش معنی‌دار اکثر صفات مورد آزمایش و بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل لاله (*Tulipa L.*) رقم 'Spryng' در شرایط آب و هوایی گیلان شد. در نتیجه، این تراکم و الگوهای کاشت قابل توصیه به تولیدکنندگان لاله این استان و استان‌های با شرایط آب و هوایی مشابه با استان گیلان می‌باشد.

منابع

- 1- Ali A., Afzal M., Rasool I.J., Hussain S., and Ahmad M. 2011. Sunflower (*Helianthus annuus L.*) hybrids performance at different plant spacing under agro-ecological conditions of Sargodha, Pakistan. In: International Conference on Food Engineering and Biotechnology, IACSIT Press, Singapore. 9: 317–322.
- 2- Amjad A., and Ahmad I. 2012. Optimizing plant density, planting depth and postharvest preservatives for *Lilium longifolium*. Journal of Ornamental and Horticultural Plants 2: 13–20.
- 3- Baghdadi A., Ridzwan A.H., Nasiri A., Ahmad I., and Aslani F. 2014. Influence of plant spacing and sowing time on yield of sunflower (*Helianthus annuus L.*). Journal of Food, Agriculture and Environment 12: 688–691.
- 4- Bahar S.N.G., and Korkut A.B. 1998. Research on the effects of planting densities on the yield of corm and cormel in some gladiol (*Gladiolus L.*) varieties. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 22: 51–58.
- 5- Balalić I., Zorić M., Branković G., Terzić S., and Crnobarac J. 2012. Interpretation of hybrid × sowing date interaction for oil content and oil yield in sunflower. Field Crops Research 137: 70–77.
- 6- Beg A., Pourdad S.S., and Alpour S. 2007. Row and plant spacing effect on agronomic performance of sunflower in warm and semi-cold areas of Iran. Helia 30: 99–104.
- 7- Bhosale A.B., Deshmukh M.R., and Takte R.L. 2012. Effect of different planting densities on performance of gerbera under polyhouse conditions. The Asian Journal of Horticulture 7: 449–453.
- 8- Bijimol G., and Singh A.K. 2001. Effects of spacing and nitrogen on flowering and post-harvest life of gladiolus. Journal of Applied Horticulture 3: 48–50.
- 9- Corbesier L., Prinsen E., Jacquard A., Lejeune P., Onckelen H.V., Perilleux C., and Bernier G. 2003. Cytokinin levels in leaves, leaf exudate and shoot apical meristem of *Arabidopsis thaliana* during floral transition. Journal. Experimental Botany 54: 2511–2517.
- 10- Craine J.M., and Dybzinski R. 2013. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. Functional Ecology 27: 833–840.
- 11- Daneshvar M.H., and Heidari M. 2009. Effects of plant density and planting pattern on growth and flower characteristics of gladiolus. Journal of Horticultural Science 23 (2): 32–40 (In Persian with English abstract).
- 12- Daneshvar M.H., and Heidari M. 2011. Effect of planting distance and cultivation depth on some quantitative traits of narcissus (*Narcissus tazetta L.*) cut flower in climatic conditions of Khouzestan (Mollasani). Journal of Horticultural Science 25 (3): 304–309 (In Persian with English abstract).
- 13- De Hertogh A., and Le Nard M. 1993. The physiology of flower bulbs. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- 14- Ehsanzadeh P., and Zarean Baghdadabadi A. 2003. Effect of plant density on yield, yield components and some growth characteristics of two safflower cultivars in Isfahan climate. Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources 7 (1): 129–139 (In Persian with English abstract).

- 15- Ford E.D. 2014. The dynamic relationship between plant architecture and competition. *Frontiers in Plant Science*. 5: 275.
- 16- Ghannadi F. 1992. Growing Tulips. Magda Press, Isfahan, p. 113 (In Persian)
- 17- Ghasemi Ghehsareh M., and Kafi M. 2009. Practical and Scientific Floriculture. Razavi Press, Isfahan, p. 313 (In Persian).
- 18- Ghobadi M.E., and Ghobadi M. 2010. The effects of sowing dates and densities on yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Scholarly and Scientific Research and Innovation* 10: 725–728.
- 19- Gomes H.F., Vieira M.C., and Heredia Z.N.A. 2007. Density and plant arrangement on *Calendula officinalis* L. yield. *Revista Brasileira de Plants Medicinai*s 9: 117–123.
- 20- Hamidian A., Khodabandeh N., and Mohammadynasab A.D. 2010. Plant density and nitrogen effects on some traits of maize (*Zea mays* L.). *Plant Ecophysiology* 2: 47–52.
- 21- Heinen M., Mollier A., and Willigen P.D. 2003. Growth of a root system described as diffusion. II. Numerical model and application. *Plant and Soil* 252: 251–265.
- 22- Hocking P.J. 1993. Seasonal dynamics of the accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in a weedy species of gladiolus (*Gladiolus caryophyllaceus*). *Annals of Botany* 71: 495–509.
- 23- Ibrahim H.M. 2012. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia* 4: 175–182.
- 24- Jhon A.Q., Mir M.M., and Bhat Z.A. 2008. Effect of planting time and density on growth and bulb production in tulip cv. Apeldoorn. *Indian Journal of Horticulture* 65 (4): 466–470.
- 25- Kaya Y., Jocić S., and Miladinović D. 2012. Sunflower. In: Gupta, S.K. (eds): *Technological Innovations in Major World Oil Crops: Breeding*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York 85–130.
- 26- Khalaj M.A., and Edrisi B. 2013. Effect of nitrogen and plant spacing on nutrient uptake, quality and quantity characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L. 'Double'). *Journal of Horticultural Science* 27 (1): 59–66 (In Persian with English abstract).
- 27- Klasman R., Molinari J., Benedetto A.D., and Benedetto A. 1995. Greenhouse cultivation of gladiolus at four planting densities. *Horticultura Argentina* 14: 65–68.
- 28- Kumar K., Singh G.P., Singh N., Bhatla A.K., and Nehra B.K. 2007. Performance of seed crop of coriander under different levels of row spacing, nitrogen and cycocel. *Haryana Journal of Horticultural Sciences* 36: 127–128.
- 29- Mane P.K., Bankar G.J., and Makne S.S. 2007. Influence of spacing, bulb size and depth of planting on flower yield and quality of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Single. *Indian Journal of Agriculture Research* 41 (1): 71–74.
- 30- Martin R.J., and Deo B. 2000. Effect of plant population on *Calendula officinalis* flower production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 28 (1): 33–44.
- 31- Mladenović M., Cvejić S., Jocić S., Ćuk N., Čukanović J., Jocković M., Marjanović Jeromela A. 2020. Effect of plant density on stem and flower quality of single-stem ornamental sunflower genotypes. *Horticultural Science (Prague)* 47 (1): 45–52.
- 32- Mojiri A., and Arzani A. 2003. Effects of nitrogen rate and plant density on yield and yield components of sunflower. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 7: 115–125.
- 33- Moosavi S.G.R., Seghatoleslami M.J., and Zareie M.H. 2012. The effect of planting date and plant density on morphological traits and essential oil yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4: 496–501.

- 34- Moraes-Cerdeira R.M., Burandt C.L., Bastos J.K., Nanayakkara D., Mikell J., Thurn J., and McChesney J.D. 1997. Evaluation of four *Narcissus* cultivars as potential sources for galanthamine production. *Planta Medica* 63 (5): 472–474.
- 35- Mostofipour A.A., and Hashemabadi D. 2010. The effect of planting arrangement and different levels of potassium sulfate fertilizer on yield and quality of marigold flowers. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Rasht, Iran (In Persian).
- 36- Niknejad M., and Yahya A. 1994. Introduction to Crop Yield Physiology. Shiraz University Press. P. 570 (In Persian).
- 37- Parkash J., Singh N.P., and Sankaran M. 2006. Package of practices for tuberose cultivation in tripura. ICAR Research Complex for NEH Region, Tripura Centre Publication No. 31.
- 38- Rajcan I., and Swanton C.J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research* 71: 139–150.
- 39- Roghayeh S.A., Ahmad T., and Shahzad J-e-S. 2012. Effect of plant density on phenology and oil yield of safflower herb under irrigated and rainfed planting systems. *Journal of Medicinal Plants Research* 6: 2493–2503.
- 40- Samani M.R.K., Khajehpour M.R., and Ghavaland A. 1999. Effect of row spacing and plant density on growth and dry matter accumulation in comon on sfhan. *Iranian Journal of Agricultural Science* 29: 667–679.
- 41- San-oh Y., Sugiyama T., Yoshita D., Ookawa T., and Hirasawa T. 2006. The effect of planting pattern on the rate of photosynthesis and related processes during ripening in rice plants. *Field Crops Research* 96: 113–124.
- 42- Sharma J.R., and Gupta R.B. 2003. Effect of corm size and spacing on growth, flowering and corm production in gladiolus. *Journal of Ornamental Horticulture* 6: 352–356.
- 43- Sher A., Khan A., Ashraf U., Liu H.H., and Li J.C. 2018. Characterization of the effect of increased plant density on canopy morphology and stalk lodging risk. *Frontiers in Plant Science* 9: 1047.
- 44- Singh A.K. 2006. Flower Crops, Cultivation and Management. New India Publishing Agency. New Delhi. 463 p.
- 45- Singh A.K., Singh N.P., and Singh V.B. 2001. Effect of time, spacing and depth of planting on gladiolus. *Indian Journal of Hill Farm* 14: 128–131.
- 46- Singh K.P. 2002. Effect of planting methods and earthing on gladiolus. *Annals of Agricultural Research* 23: 7230–7235.
- 47- Süzer S. 2011. Effects of nitrogen and plant density on dwarf sunflower hybrids. *Helia* 33: 207–214.
- 48- Vaziri R., Biabani A., Azizy M., Gholizadeh A.Gh., and Mahdavi A.R. 2010. Investigate effects plant density and different fertilizer rates on the agronomic characteristics and yield of tobacco (var. K326). *Crop Plants Production* 30 (4): 205–215 (In Persian with English abstract).