Kharazmi University

Nova Biologica Reperta

Print ISSN: 2423-6330
Online ISSN: 2476-7115

Homepage: https://nbr.khu.ac.ir/

Effect of fertilization and tuber age on morphological characteristics of Iranian black zira (*Bunium persicum* Boiss.)

Seyedeh Maryam Mousavian Kalat[1]✉, **Latifeh Pourakaber**[2], **Majid Azizi**[3]

1. PhD student in Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran. Email: m.mousavian2267@yahoo.com
2. Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 20 January 2025
Received in revised form 6 September 2025
Accepted 6 September 2025
Available online 20 December 2025

Keywords:
Flowering
NPK fertilizer
Plant height
Tuber weight
umbrella

ABSTRACT

Objective: Iranian black zira is an aromatic and medicinal plant from Apeaceae family. In general, the establishment of this plant and seed production takes between three and four crop years.

Method: To investigate the effect of fertilization and tuber age on the morphological characteristics of this plant, and to find a method to increase the yield of this plant, to improve the cultivation and domestication of this valuable and economic plant, an experiment was conducted in field conditions in the form of 9 main plots including NPK fertilizer at three levels (control (without fertilizer application), fertilizer 1(2.5 grams per liter), fertilizer 2 (with a concentration of 2 times and 5 grams per liter) and tuber age at two levels of three and four years (medium and three-year-old tubers have a mass of about 1 g and a size of about 2 cm and large and four-year-old tubers have a size of about 4 cm and a mass of about 3 to 4 g) was carried out in, fertilizer with 2 times concentration) and tuber age at two levels (three and four years old) was carried out in 1402-1403 in Kalat region of Khorasan Razavi.

Results: The results showed that tuber weight has a direct and positive effect on the percentage of greening, flowering, plant growth, and yield. The highest percentage of greening (100%) and flowering (100%) was observed in large tubers, and the lowest percentage of sprouting (51%) and flowering (16.93%) was observed in medium tubers and 0 fertilizer (no fertilization). It was also observed that the application of NPK fertilizer also has a positive effect on the physiological characteristics of plants, so that the highest weight of a thousand seeds (1.36 g) was related to the large tuber and fertilizer 2, and the lowest amount (0.69 g) was observed in the medium tuber and control fertilizer. The highest plant height was related to the large tuber and fertilizer 2 (63.65 cm), and the lowest value (42.7 cm) was in the control and medium tuber treatments.

Conclusions In general, it can be said that the application of 20-20-20 fertilizer (NPK) and the use of tubers with more age (weight) improved the growth and yield of Iranian black zira.

Cite this article: Mousavian Kalat, seyedeh maryam., Pourakbar, Latifeh., & Azizi, Majid. (2025). Effect of fertilization and tuber age on morphological characteristics of Iranian black zira (*Bunium persicum* Boiss.). *Nova Biologica Reperta*, *12* (3), 1-20. http//doi.org/ 10.22034/NBR.12.3.4

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University.
DOI: http//doi.org/ 10.22034/NBR.12.3.4

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

Introduction

Black zira (*Bunium persicum* (Boiss.) Fedtsch.) is a perennial, self-pollinated, herbaceous plant belonging to the Apiaceae family. Wild populations of black zira are scattered across the western and northwestern highlands of Iran, as well as southeastern regions including Kerman, Sistan and Baluchestan, and parts of Khorasan.

Black zira exhibits relatively slow initial growth and establishment. During the first year, only cotyledonary leaves and small tubers (up to 4 mm in diameter) are formed below the soil surface. Due to summer environmental conditions such as high temperature and drought, the tubers enter dormancy. In general, establishment and seed production in black zira require three to four cropping years. This prolonged growth period has reduced farmers' willingness to cultivate this valuable medicinal plant.

Nutrient solutions (solid or liquid fertilizers) are widely used to optimize plant nutrition under different cultivation systems. In addition to nutrition, tuber weight (tuber age) is considered an effective factor influencing the yield of black zira. Since tubers function as storage organs for photosynthetic assimilates, cultivation of this plant is commonly performed using tubers. It appears that tuber size can significantly affect emergence, vegetative growth, and yield of black zira.

Currently, natural habitats are the sole sources of Iranian black zira production. However, due to excessive and unregulated harvesting, this species is facing the risk of extinction. In Iran, black zira is mostly cultivated on a small scale and in limited areas, and domestication of this valuable medicinal plant has not yet been achieved. Only a few countries worldwide have introduced cultivated varieties of black zira.

The aim of this study was to identify the responses of Iranian black zira to different fertilizer concentrations and to evaluate the effects of tuber weight and age on its growth characteristics. The results of this research may contribute to accelerating growth, improving cultivation practices, and facilitating the domestication of this economically important plant.

Method

This experiment was conducted during the 2022–2023 cropping season (1402–1403) on agricultural land in Kalat-e Nader, Razavi Khorasan province, Iran. The study was arranged as a factorial experiment based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The experimental factors were as follows:

1- Fertilizer levels (NPK 20–20–20):

- 0 concentration (control)
- Single concentration: 2.5 g fertilizer per liter of water
- Double concentration: 5 g fertilizer per liter of water

2- Tuber size levels:

- Large tubers: 4-year-old, weighing approximately 3–4 g
- Medium tubers: 3-year-old, weighing approximately 1 g

Tubers of different sizes were individually weighed using a digital balance with 0.1 g accuracy. Manual planting of black zira tubers was performed in nine rows, each 6 m long, with 25 cm row spacing and at a depth of 15 cm. After plant emergence, fertilizer treatments were applied. Upon completion of the growth period, the following traits were evaluated:

- Emergence percentage

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

- Plant height
- Flowering percentage
- Number of umbels
- Thousand-seed weight
- Establishment percentage and plant mortality

Data analysis was performed using JMP software, and mean comparisons were conducted using Tukey's test at a 95% probability level.

Results and Discussion

Emergence percentage differed significantly ($P < 0.05$) between plants derived from large and medium-sized tubers. The highest emergence was recorded in large tubers (96–100%), whereas medium-sized tubers showed 33.77–51% emergence. Larger tubers, due to more extensive root systems, absorbed more water, leading to higher emergence and improved growth. They also contained higher amounts of carbohydrates (starch and fructans), proteins, and lipids.

Flowering percentage in medium-sized tubers under fertilizer treatments 1 and 2 was significantly higher than the control, while no significant difference existed between fertilizer treatments 1 and 2. Flowering in large tubers reached 100%, while medium-sized tubers had 16.95%, 31.77%, and 28.4% in the control, fertilizer 1, and fertilizer 2 treatments, respectively. Optimal flowering depends on sufficient nutrients and their balance (e.g., N:P:K, N:K ratios). Higher-weight tubers, with richer nutrient reserves and pre-formed reproductive tissues, increased the likelihood of active buds, accelerating phenological development and earlier flowering.

Mortality was higher in control plants, with no significant difference between fertilizer treatments 1 and 2. Plants from medium-sized tubers exhibited higher mortality compared to those from large tubers. Overall, tuber size and age had a stronger positive effect on plant establishment than fertilizer treatments. The combination of large, four-year-old tubers with NPK fertilizer resulted in the highest establishment and lowest mortality.

Plant height was significantly greater in 20–20–20 fertilizer treatments compared with the control, with no significant difference between fertilizer concentrations. Larger tubers, due to better root development, showed enhanced water uptake and increased growth. Interaction effects of tuber size and fertilizer showed that large tubers treated with higher fertilizer concentration (fertilizer 2) produced the highest number of umbels, while medium-sized tubers produced the lowest (8 umbels). Fertilizer application stimulated growth and photosynthetic organ development, improving yield components. NPK nutrients are key factors in transitioning from vegetative to reproductive phases.

Tuber weight measured before planting confirmed that large tubers were significantly heavier ($P < 0.05$) than medium-sized tubers. After harvest, large tubers remained heavier. All fertilizer treatments increased tuber weight, with a greater increase in medium-sized tubers (~15–20 times). As storage organs, tubers accumulated nutrients, resulting in higher weight, enhanced photosynthetic organs, and improved growth in the following season. Thousand-seed weight was lowest in control plants for both tuber sizes, with the highest weight in large tubers under fertilizer 2 (1.36 g) and the lowest in medium-sized tubers under control (0.78 g). Larger tubers, with greater nutrient reserves, provided more resources for vegetative growth, leading to faster leaf emergence, better growth, and improved yield components.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

Conclusion

The nutrients in NPK fertilizer positively affected growth by regulating key enzymes, protein synthesis, chlorophyll production, and activating genes involved in root development and chlorophyll synthesis. Larger tubers, with higher nutrient reserves, provided more resources for vegetative buds, accelerating leaf emergence, enhancing growth, and improving yield components. Therefore, the use of fertilizers, soil enrichment, and planting larger tubers can play a crucial role in promoting better growth and yield of this valuable medicinal plant.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

یافته‌های نوین در علوم زیستی
Homepage: https://nbr.khu.ac.ir/
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۶۳۳۰
شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۶-۷۱۱۵
دانشگاه خوارزمی

تأثیر کوددهی و سن غده بر خصوصیات ریخت‌شناختی زیره سیاه ایرانی (*Bunium persicum* Boiss.)

سیده مریم موسویان کلات[۱]✉، لطیفه پوراکبر[۲] ، مجید عزیزی[۳]

۱. دانشجو دکتری فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: m.mousavian2267@yahoo.com
۲. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله
مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹

کلیدواژه‌ها:
ارتفاع بوته
تعداد چتر
درصد گلدهی
کود NPK
وزن غده

چکیده

زیره سیاه ایرانی گیاهی معطر و دارویی از خانواده چتریان می‌باشد. به طور کلی استقرار این گیاه و تولید بذر بین سه الی چهار سال زراعی به طول می انجامد.

به منظور بررسی اثر کوددهی و سن غده بر خصوصیات ریخت‌شناسی این گیاه، و یافتن روشی برای افزایش عملکرد این گیاه، جهت بهبود کشت و زراعی‌سازی این گیاه ارزشمند و اقتصادی، آزمایشی در شرایط مزرعه در قالب ۹ کرت اصلی شامل کود NPK در سه سطح (شاهد، بدون اعمال کود)، کود ۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود ۲ (با غلظت ۲ برابر و ۵ گرم در لیتر) و سن غده در دو سطح سه و چهار ساله (غده‌های متوسط و سه ساله دارای جرمی در حدود ۱ گرم و اندازه‌ای حدود ۲ سانتی‌متر و غده‌های بزرگ و چهارساله با اندازه‌ای حدود ۴ سانتی‌متر و دارای جرمی حدود ۳ الی ۴ گرم) در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در منطقه کلات استان خراسان رضوی انجام گردید.

نتایج نشان داد وزن غده اثر مستقیم و مثبتی بر روی درصد سبزشدن، گلدهی، رشد گیاه و عملکرد آن دارد. بیشترین درصد سبز شدگی(۱۰۰٪) و گلدهی (۱۰۰٪) در غده‌های بزرگ و کمترین درصد سبزشدگی (۵۱٪) و گلدهی (۱۶/۹۳٪) در غده متوسط بدون کوددهی مشاهده شد. همچنین مشاهده شد کاربرد کود NPK نیز تأثیر مثبت بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان دارد به طوریکه بیشترین وزن هزار دانه (۱/۳۶گرم) مربوط به غده بزرگ و کود ۲، و کمترین میزان آن (۰/۶۹گرم) در غده متوسط و کود شاهد مشاهده شد. بالاترین ارتفاع بوته نیز مربوط به غده بزرگ و کود۲ (۶۳/۶۵ سانتی‌متر)، و کمترین میزان آن (۴۲/۷ سانتی‌متر) در تیمار شاهد و غده متوسط بود. بطور کلی می‌توان بیان کرد، اعمال تیمار کود ۲۰- ۲۰-۲۰ (NPK) و استفاده از غده‌هایی با سن (وزن) بیشتر موجب بهبود رشد و عملکرد زیره سیاه ایرانی گردید.

استناد: موسویان کلات، سیده مریم؛ پوراکبر، لطیفه؛ و عزیزی، مجید (۱۴۰۴). تأثیر کوددهی و سن غده بر خصوصیات ریخت‌شناختی زیره سیاه ایرانی (*Bunium persicum* Boiss.). *یافته‌های نوین در علوم زیستی*، ۱۲ (۳)، ۲۰-۱.
http//doi.org/ NBR.12.3.4/۱۰,۲۲۰۳۴

© نویسندگان.
ناشر: دانشگاه خوارزمی.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

مقدمه

از زمان‌های دور، گیاهان دارویی از منابع مهم درمان بیماری‌ها در تمام نقاط دنیا بوده و در حال حاضر نیز از جایگاه مهمی در پزشکی برخوردار می‌باشند (Wang et al., 2020). در حال حاضر میلیاردها نفر از مردم جهان (حدود ۸۰ درصد جمعیت) برای اهداف مختلف درمانی از گیاهان دارویی و اسانس‌ها استفاده می‌کنند (He et al., 2018).

زیره سیاه با نام علمی *Bunium persicum* (Boiss.) Fedtsch.، گیاهی چند ساله، خودگشن، علفی از خانواده چتریان و بومی مناطق خشک در شرق مدیترانه است. توده‌های وحشی زیره سیاه در ایران به صورت پراکنده در ارتفاعات غرب و شمال غربی، همچنین نواحی جنوب شرقی از جمله کرمان، سیستان و بلوچستان و نیز در خراسان رویش می‌یابند (Bahador, Negari, & Abbaspour, 1388; Omidbaigi, 2005).

گیاهان خانواده چتریان اغلب به دلیل متابولیت‌های ثانویه با ارزشی که دارند از جمله ترپنوئیدها حائز اهمیت می‌باشند. اسانس موجود در بذر زیره به دلیل خواص متعددی از قبیل ضد باکتریایی، ضد قارچی و آنتی اکسیدانی و به عنوان بازدارنده جوانه زنی یا ممانعت از رشد قارچ در انبارهای مواد غذایی استفاده می‌شود (Simic et al., 2008). همچنین طبق مطالعات محققین اثر تأثیر اسانس بذر آن در رفع ناراحتی‌های سیستم گوارش مانند نفخ و دردهای ناشی از گوارش، مسمومیت‌ها مشخص گردیده است (Boskabadi & Moghadas, 2004).

زیره سیاه گیاهی است که رشد و استقرار اولیه آن نسبتا آهسته می‌باشد (Omidbaigi, 2005). در سال اول، تنها برگ‌های لپه‌ای و غده‌های کوچک (حداکثر۴ میلی متر) در زیر خاک تولید می‌کند، که این غده به دلیل شرایط فصل تابستان از قبیل گرما و خشکی به خواب می‌رود. به طور کلی استقرار گیاه زیره و تولید بذر بین سه الی چهار سال زراعی به طول می انجامد (Mardani et al., 2015). این موضوع موجب شده است که کشاورزان به کشت این گیاه دارویی با ارزش، تمایلی نشان ندهند.

امروزه، رویشگاه‌های طبیعی تنها منابع تولید زیره ایرانی است اما با توجه به برداشت بی رویه و غیر اصولی، این گیاه در معرض انقراض قرار گرفته است (Saeidnejad et al., 2013). در ایران نیز، غالباً زیره سیاه در مزرعه‌های کوچک و به صورت محدود کشت می‌گردد و اهلی سازی این گیاه دارویی ارزشمند در کشور ما تاکنون انجام نگردیده و تنها در چند کشور جهان، رقم زراعی از آن معرفی شده است (Sasani et al., 2006).

محلول‌های غذایی (کودهای جامد یا مایع) برای بهینه سازی تغذیه گیاهان زراعی در روش‌های کشت مختلف کاربرد دارند (Savvas et al., 2013). استفاده از کود، با تأثیر بر خصوصیات خاک شرایط را برای رشد بهتر بوته‌ها فراهم می‌کند و موجب تحریک رشد گیاه و افزایش سطح اندام فتوسنتزکننده و در نتیجه اجزای عملکرد می‌شود (khorramdel et al., 2016). در میان عناصر غذایی، مصرف نیتروژن برای افزایش عملکرد گیاه ضروری است و همچنین موجب افزایش درصد اسانس می‌شود. اما مصرف زیاد آن در زیره باعث کاهش عملکرد می‌شود. مصرف متعادل پتاسیم و فسفر موجب عکس العمل مناسب در گیاهان می‌شود (Sadat noori et al., 2013).

علاوه بر تغذیه، وزن غده (سن غده) نیز به عنوان عاملی موثر در عملکرد زیره سیاه به شمار می‌رود. از آنجا که غده‌ها به عنوان اندام ذخیره کننده ماده فتوسنتزی هستند کاشت این گیاه معمولاً با غده انجام می‌گیرد (Sofi et al., 2009). به نظر می‌رسد، اندازه غده می‌تواند سبزشدن، رشد رویشی و عملکرد این گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. کاشت غده‌های بزرگتر منجر به افزایش تعداد چتر، چترک و دانه بیشتر می‌گردد و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد. وزن غده، عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در غده‌های بزرگتر با قطر بیشتر از ۵ سانتی متر، اندازه چتر بزرگتر و تعداد شاخه‌های اولیه، تعداد دانه در چتر و چترک بیشتر است. همچنین تولید دانه در غده‌های بزرگتر نسبت به غده‌های کوچکتر (قطر کمتر از ۴سانتی متر) به میزان ۳۲/۹ درصد بیشتر است (Khosravi, 1994).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

با توجه به موارد فوق الذکر افزایش اندازه غده با استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای و کودی یکی از اهداف مهم درراستای افزایش عملکرد تولید این گیاه و از پیش نیازهای ضروری برای تولید اقتصادی آن به شمار می‌رود، لذا هدف از این طرح، شناسایی پاسخ‌های زیره سیاه ایرانی به غلظت‌های مختلف کود و بررسی اثر وزن و سن غده بر خصوصیات رشدی زیره سیاه است که می‌تواند جهت بهبود کشت و زراعی‌سازی این گیاه ارزشمند و اقتصادی استفاده گردد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در زمین کشاورزی در منطقه کلات نادر خراسان رضوی (قلعه نو) واقع در۱۴۰ کیلومتری مشهد در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملا تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح کود NPK (غلظت ۰، یک برابر: ۲/۵ گرم در لیتر و دو برابر: ۵ گرم در لیتر) و دو سطح اندازه غده (غده‌های بزرگ، ۴ساله و با وزن حدود ۳-۴ گرم و غده‌های متوسط، سه ساله با وزن حدود ۱ گرم) بود.

کود NPK (شرکت الیت سبز) حاوی ۲۰ درصد ازت (N)، ۲۰ درصد فسفات (P_2O_4)، ۲۰ درصد پتاس (K_2O)، ۰/۰۶ درصد آهن (Fe EDTA)، ۰/۰۴ درصد منگنز (Mn EDTA)، ۰/۰۲۵ درصد روی (Zn EDTA)، ۰/۰۱۵ درصد مس (Cu EDTA)، ۰/۰۱ درصد بر (B)، ۰/۰۰۱ درصد مولیبدن (Mo) بود.

به منظور عملیات آماده سازی زمین و تهیه بستر کاشت از شخم و دیسک استفاده شد. سپس غده‌ها با اندازه‌های مختلف بطور جداگانه توسط ترازو دیجیتال با دقت ۰/۱ وزن شدند و عملیات کاشت دستی غده‌های زیره سیاه در ۹ ردیف ۶ متری (با فاصله ردیف ۲۵ سانتی متری) در عمق ۱۵ سانتی‌متر در هفته سوم شهریور ماه سال ۱۴۰۲ انجام شد.



شکل ۱- غده بزرگ چهار ساله و متوسط سه ساله (A)، توزین غده‌ها (B)، کاشت غده‌ها در خاک (C) و آبیاری زمین (D).

Figure1. Large four years old and medium-sized three years old tubers (A), weighing the tubers (B), planting the tubers in the soil, (C) irrigating the land (D).

آبیاری بصورت قطره‌ای انجام شد و پس از سبز شدن گیاهان، تیماردهی با سه غلظت کود ۲۰-۲۰-۲۰ انجام شد. سه مرحله کوددهی انجام (بعد از سبزشدن، قبل از گلدهی و بعد از گلدهی – برای هر تیمار ۳ لیتر به صورت محلول‌پاشی در هر مرحله) و بعد از کامل شدن دوره‌ی رشد (هفته سوم اردیبهشت)، صفات زیر مورد بررسی قرار گرفتند .

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده در پژوهش

Table 1. Treatments used in the research

Fertilizer (NPK)	Tuber size
Control (0)	Large tuber
Fertilizer 1 (2.5 g L^{-1})	
Fertilizer 2 (5 g L^{-1})	
Control (0)	Medium tuber
Fertilizer 1 (2.5 g L^{-1})	
Fertilizer 2 (5 g L^{-1})	



شکل ۲- سبزشدن غده‌ها (A)، مرحله کوددهی بعد از سبز شدن غده‌ها (B)، گلدهی (C) و تشکیل دانه (D)

Figure 2. Tubers sprouting (A), fertilization stage after tubers sprouting (B), flowering (C) and seed formation (D)

درصد سبز شدن غده‌ها: در بهمن ماه، در هر تیمار تعداد بوته سبز شده در هر تکرار شمارش و پس از محاسبه‌ی میانگین سه تکرار، درصد آن در محاسبات آماری لحاظ گردید (رابطه ۱).

رابطه ۱: $$\text{درصد سبز شدگی} = \frac{\text{تعداد گیاه سبز شده}}{\text{تعداد غده کشت شده}} \times ۱۰۰$$

ارتفاع بوته: بدین منظور با استفاده از متر ارتفاع از نقطه سطح زمین تا بلندترین قسمت (بر حسب سانتیمتر) در همه گیاهان در هر تکرار اندازه‌گیری و میانگین آن محاسبه گردید.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

درصد گل‌دهی: برای اندازه‌گیری این صفت، در هر تیمار تعداد کل گیاهان هر تکرار که دارای گل بودند، شمارش و نسبت بوته‌های دارای گل به غده‌های کشت شده (در هر تکرار) محاسبه گردید و درصد آن در محاسبات آماری لحاظ گردید (رابطه ۲).

رابطه ۲: $$\text{درصد گل دهی} = \frac{\text{تعداد بوته‌های گل دار}}{\text{تعداد غده‌های کشت شده}} \times ۱۰۰$$

تعداد چتر: در هر تیمار، کلیه‌ی گیاهان به گل رفته در هر تکرار به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند و تعداد چتر در بوته‌ها شمارش و میانگین تعداد چتر در سه تکرار محاسبه گردید.

وزن هزار دانه: در اواسط اردیبهشت همزمان با رسیدگی دانه‌ها و تغییر رنگ آن‌ها از سبز به قهوه‌ای، در هر تیمار چترهای دارای بذر در هر تکرار از بوته جدا و خشک گردید و سپس وزن هزار دانه توسط ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

برای اندازه گیری سایر موارد، در هفته اول خرداد ماه غده‌ها از خاک خارج و پس از شمارش، درصد استقرار و تلفات غده محاسبه گردید (رابطه ۳ و ۴). سپس وزن آن‌ها توسط ترازو دیجیتال اندازه گیری و متوسط وزن غده و درصد افزایش وزن (رابطه ۵) محاسبه گردید.

رابطه ۳: درصد استقرار غده = تعداد غده کشت شده در زمین - (گیاهان سبز شده) تعداد غده خارج شده از خاک × ۱۰۰

رابطه ۴: درصد تلفات غده = ۱۰۰ - درصد استقرار

رابطه ۵: $$\text{درصد افزایش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

لازم به ذکر است تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار JMP و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۹۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد سبزشدگی غده‌ها:

به دلیل اینکه اعمال تیمار کود بعد از سبز شدن گیاهان انجام گرفت، تأثیر متقابل دو تیمار کود و اندازه غده بررسی نگردید. با توجه به مشاهدات، درصد سبزشدگی در گیاهان حاصل از غده بزرگ و متوسط تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) داشت (شکل ۳). بیشترین درصد سبزشدگی در غده‌های بزرگ مشاهده گردید (۹۶ تا ۱۰۰ درصد) و درصد سبزشدگی در غده‌های متوسط در بازه‌ی ۵۱ تا ۷۷/۳۳ درصد بود.

کاشت غده‌های بزرگ‌تر، به علت افزایش سیستم ریشه‌ای بوته‌ها، موجب جذب بیشتر آب و به دنبال آن درصد سبز شدگی بالاتر و افزایش رشد نسبت به غده‌های کوچکتر می‌گردد (khorramdel et al., 2016). همچنین محققین گزارش کرده‌اند که در زیره سیاه، بیشتر بودن وزن غده موجب افزایش درصد سبزشدگی و سرعت ظهور بالاتر می‌گردد (Bahador et al., 2009). مطالعات انجام شده بر روی زعفران نیز نشان دهنده این موضوع است که کاشت غده‌های بزرگ‌تر، به علت ایجاد سیستم ریشه‌ای قوی، رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Pourreza & Amirshekari, 2019). غده‌های بزرگ‌تر حاوی مقادیر بیشتر کربوهیدرات‌ها (نشاسته، فروکتان)، پروتئین‌ها و لیپیدها هستند. این مواد طی جوانه‌زنی به سرعت به قندهای ساده (گلوکز) هیدرولیز شده و انرژی (ATP) و واحدهای سازنده (کربن اسکلت) برای رشد اولیه ریشه‌چه و ساقه را تأمین می‌کنند(Zhao et al., 2025) .

هورمون‌ها نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند. غده‌های بزرگ‌تر غلظت بالاتری از سیتوکینین دارند که تقسیم سلولی در مریستم‌های جوانه و ریشه را تحریک کرده و رشد اولیه را تقویت می‌کند. جاسمونات‌ها نیز در پاسخ به تنش‌ها تجمع یافته و در غده‌های بزرگ‌تر، ذخایر دفاعی بیشتری ایجاد می‌کنند که مقاومت گیاهچه به پاتوژن‌ها را افزایش می‌دهد (Wang et al., 2024) .

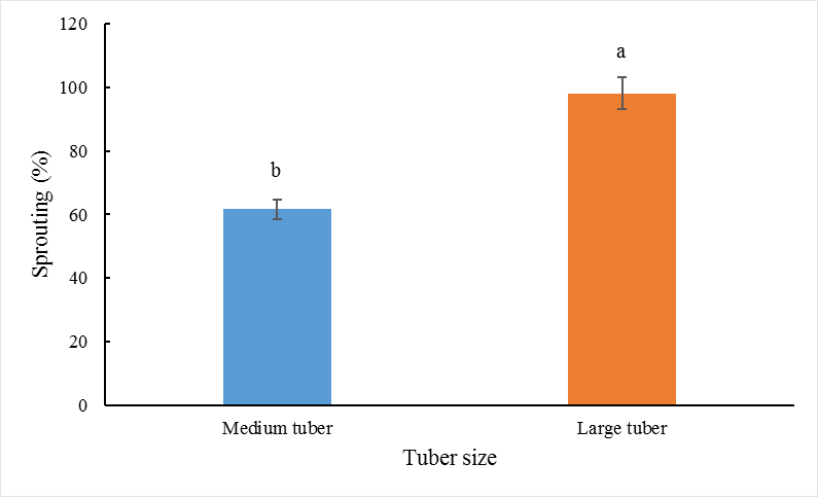
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

همچنین غده‌های بزرگ‌تر بیان ژن‌های مرتبط با رشد (مانند EXPANSIN برای گسترش سلولی و CYCD3 برای چرخه سلولی) را در جوانه‌های در حال رشد القا می‌کنند (Tang et al., 2024).

برگ‌ها (منبع) با فتوسنتز، ساکاروز را به‌عنوان محصول اصلی تولید می‌کنند و افزایش سطح فتوسنتزی تولید ساکارز را افزایش می‌دهد.(Pang et al., 2021) . در غده، ساکارز توسط آنزیم ساکروز سینتاز (SuSy) به گلوکز و فروکتوز هیدرولیز و به نشاسته یا فروکتان تبدیل می‌شود. بیان ژن‌های SuSy و نشاسته سینتاز (SS) در غده‌های در حال رشد افزایش می‌یابد (Tang et al., 2024). همچنین سیگنال‌های قندی بیان ژن‌های ذخیره‌سازی (مانند SSIII) را در غده فعال می‌کنند. هورمون‌هایی مانند اوکسین نیز جریان ساکارز را از جوانه‌های رأسی به سمت غده را هدایت می‌کنند (Zhao et al., 2025).

به عبارت دیگر می‌توان بیان کرد که میزان مواد انتقال یافته به غده، به سطح فتوسنتز کننده بستگی دارد و چون گیاهان سه ساله و چهار ساله سطح فتوسنتزی بیشتری نسبت به گیاهان دو و یک ساله دارند در نتیجه مواد بیشتری را در خود ذخیره می‌کنند و به دنبال آن در سال زراعی بعدی حجم بیشتری مواد فتوسنتزی را برای جوانه‌های رویشی فراهم کرده توانایی بیشتری در سبزشدن برگ‌ها و رشد دارند. طبق مطالعات انجام شده، غده‌هایی با وزن کمتر از ۲ گرم توان سبزشدن کمتری را دارا هستند (khorramdel et al., 2016).



شکل ۳- درصد سبز شدگی در غده‌های متوسط و بزرگ. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 3. Sprouting percentage in medium and large tubers. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

درصد گلدهی:

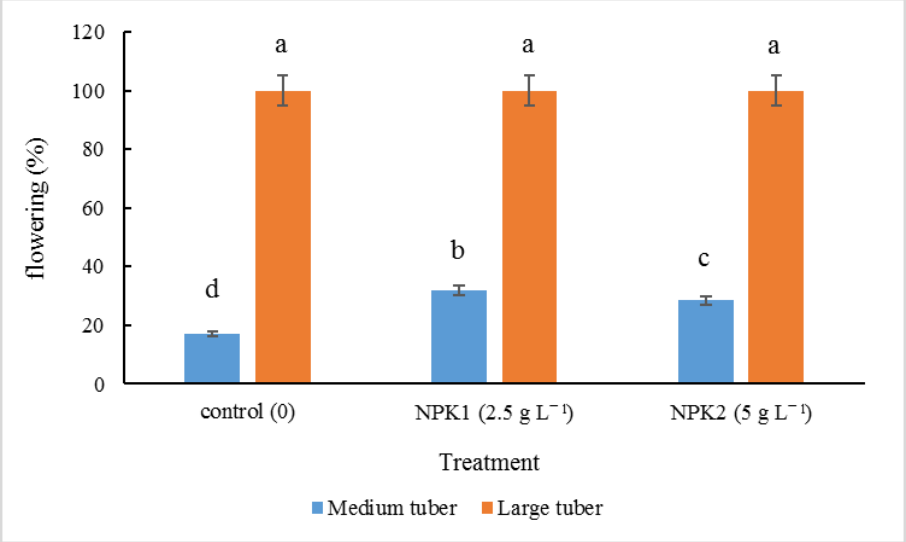
درصد گلدهی در گیاهان حاصل از غده‌های بزرگ تفاوت معنی دار ($P<0.05$) با گیاهان حاصل از غده متوسط داشت (شکل ۴). با مشاهده گیاهان حاصل از دو اندازه غده بزرگ و متوسط مشاهده شد که درصد گلدهی غده‌های متوسط در تیمار کود ۱ و کود ۲ تفاوت معنی داری با گیاهان شاهد داشتند (گیاهان تحت تیمار کود ۱ و ۲ تفاوت معنی داری در درصد گلدهی نشان ندادند). درصد گلدهی در غده‌های بزرگ برابر ۱۰۰ درصد و در غده‌های متوسط به ترتیب در شاهد، کود ۱ و کود ۲ برابر با ۱۶/۹۵، ۳۱/۷۷ و ۲۸/۴ درصد بود.

گلدهی یک فرآیند پیچیده فیزیولوژیکی در گیاهان است که تحت تأثیر عوامل درونی (هورمون‌ها، ژنتیک) و بیرونی (نور، دما، تغذیه) قرار می‌گیرد. عناصر غذایی معدنی نقش‌های مستقیم و غیرمستقیم حیاتی در آغاز و تکمیل موفقیت‌آمیز این فرآیند دارند. عملکرد بهینه گلدهی نه تنها به وجود کافی هر عنصر، بلکه به تعادل بین عناصر (مثلاً نسبت N:P:K ، نسبت N:K)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

بستگی دارد. مازاد یک عنصر می‌تواند جذب عنصر دیگر را مختل کند (تعادل آنتاگونیستی یا سینرژیستی) (Marschner et al., 2012). در گزارشات بیان شده که افزایش نیتروژن در سال اول کاشت موجب افزایش میزان گلدهی و عملکرد دانه زیره سیاه در فصل بعد می‌شود (El-Sawi & Mohamed, 2002; Weglars, 2006). در گیاه زعفران گزارش شده که مصرف کود، با فراهم کردن عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر موجب افزایش تولید گل و عملکرد می‌گردد (Munshi, 1994). با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان مشاهده کرد که گیاهان دارویی از نظر نیاز به عناصر غذایی به نسبت کم توقع هستند (Omidbaigi, 2005). اما با فراهم کردن مواد و عناصر غذایی در محیط رشد این گیاهان، نتایج مطلوبی از قبیل بهبود رشد، گلدهی و عملکرد مشاهده می‌گردد. در غده‌ی بزرگتر، ذخیره غذایی برای رشد بوته‌ها بهتر تأمین می‌گردد که موجب بهبود خصوصیات رشدی و به دنبال آن پتانسیل گلدهی می‌شود (khorramdel et al., 2016).

سطح بالاتر ریز مغذی‌ها (روی، منگنز) در غده‌های بزرگ‌تر، سنتز پروتئین‌های کلیدی در مسیر گل‌دهی (مانند FLOWERING LOCUS T) را سرعت می‌بخشد. در غده‌های با وزن بالاتر، به علت ترکیب ذخایر غذایی غنی‌تر، تنظیم هورمونی کارآمد و پیش‌تشکیل بافت‌های زایشی، احتمال وجود جوانه‌های فعال بیشتر می‌شود که موجب سرعت بخشیدن به مراحل فنولوژی و شروع زودتر گلدهی می‌گردد (Sharifi et al., 2021). همچنین طبق مطالعات انجام شده روی بنه‌های زعفران مشخص گردیده است که پتانسیل گلدهی بنه‌هایی با وزن پایین، محدود می‌شود (Sadeghi, 1993).



شکل ۴- اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود ۲ (۵ گرم در لیتر)) و اندازه غده (متوسط و بزرگ) بر درصد گلدهی. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 4. Interaction effect of different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) and tuber size (medium and large) on flowering percentage. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

درصد استقرار و تلفات:

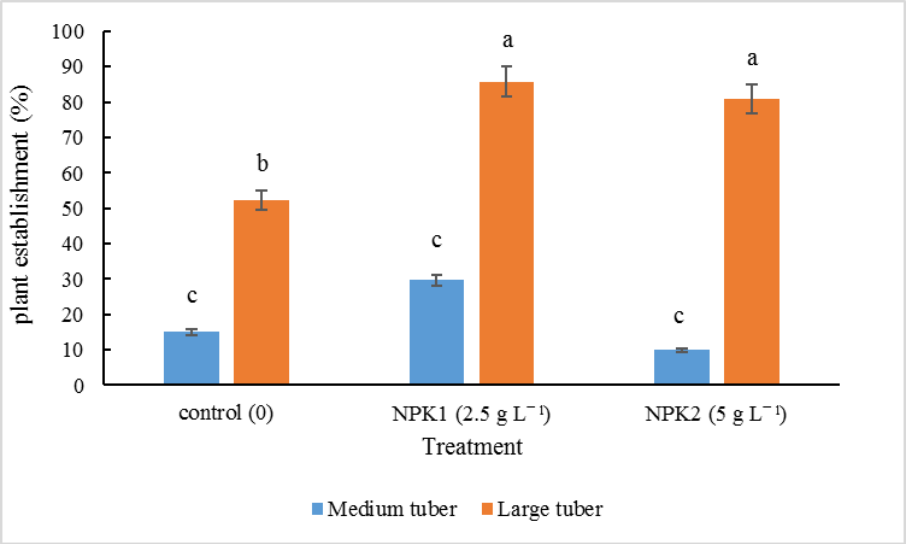
درصد استقرار در تمامی گیاهانی که تحت تیمار کود ۱ و ۲ بودند، بیشتر از گیاهان شاهد بود. با توجه به مشاهدات می‌توان بیان کرد که گیاهان دارای غده بزرگ و تیمار کودی ۱ و ۲، درصد استقرار بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند (۸۵/۷ و ۸۰/۹ درصد). با مقایسه میان گیاهان تحت تیمار و شاهد و همچنین میان غده‌های متوسط و بزرگ مشاهده شد که تفاوت معنی دار ($P<0.05$) وجود داشت. درصد استقرار در هر دو اندازه‌ی غده، در تیمار کود ۱ بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۵).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

با توجه به مشاهدات انجام شده، درصد تلفات در گیاهان شاهد بیشتر از سایر گیاهان بود. درصد تلفات در گیاهان تحت تیمار ۱ و ۲ اختلاف معنی دار ($P<0.05$) نداشت (شکل ۴). همچنین مشاهده شد که درصد تلفات در گیاهان دارای غده متوسط به طور چشمگیری نسبت به گیاهانی که غده بزرگ دارند، بیشتر بود. درصد تلفات در تیمارهای شاهد، کود ۱ و کود ۲ برای غده‌های متوسط به ترتیب برابر با ۸۵، ۷۰/۳۱ و ۹۰ درصد و در غده‌های بزرگ برابر با ۴۷/۶۸، ۱۴/۲۸ و ۱۹/۰۴ درصد بود.

با توجه به نتایج به درست آمده، مشاهده می‌شود که، اندازه و سن غده نسبت به تیمار کودی تأثیر مثبت‌تری بر درصد استقرار گیاهان داشت و در بین همه‌ی تیمارهای کودی و سن غده، گیاهانی که غده درشت و چهارساله داشتند و تحت تیمار کود NPK بودند درصد استقرار بالاتری داشتند. به دنبال آن، درصد تلفات در این گیاهان پایین‌تر بود. با مصرف کود، استقرار گیاهان در محیط بعلت دسترسی راحت‌تر به مواد غذایی بهتر انجام می‌گیرد. غده‌های بزرگ محتوای مقدار بالاتری از ترکیبات و مواد مورد نیاز برای استقرار و رشد گیاهان هستند و در نتیجه، گیاهان حاصل از غده‌ی بزرگ نسبت به غده‌ی متوسط توانایی بهتر و بالاتری را دارا هستند.

طبق مشاهدات انجام شده، اگرچه کوددهی معیارهای رشد پس از استقرار را بهبود می‌بخشد، ولی برتری غده‌های بزرگ‌تر حتی در تیمار شاهد (بدون کود) مشاهده می‌شود. این نشان می‌دهد ذخایر اندوژن فاکتور تعیین‌کننده‌تر از تغذیه خارجی در مراحل اولیه استقرار است. ازاین‌رو، غربالگری غده‌ها بر اساس اندازه به‌عنوان راهکاری کم‌هزینه برای افزایش راندمان مزرعه‌ای پیشنهاد می‌گردد(Westermann & Kleinkopf ,2020). برتری غده‌های بزرگ از دو جنبه کلیدی تنظیم هورمونی و کارایی جذب آب نشأت می‌گیرد. غلظت بالاتر جیبرلین‌ها (GA) و اکسین‌ها در بافت‌های ذخیره‌ای بزرگ‌تر، تقسیم سلولی و طویل‌شدن هیپوکوتیل را تسریع می‌کند. همچنین در غده‌های بزرگتر سطح تماس بیشتر با خاک، جذب رطوبت را در مراحل بحرانی جوانه‌زنی تا ۳۰٪ افزایش می‌دهد (Sharifi et al., 2021).

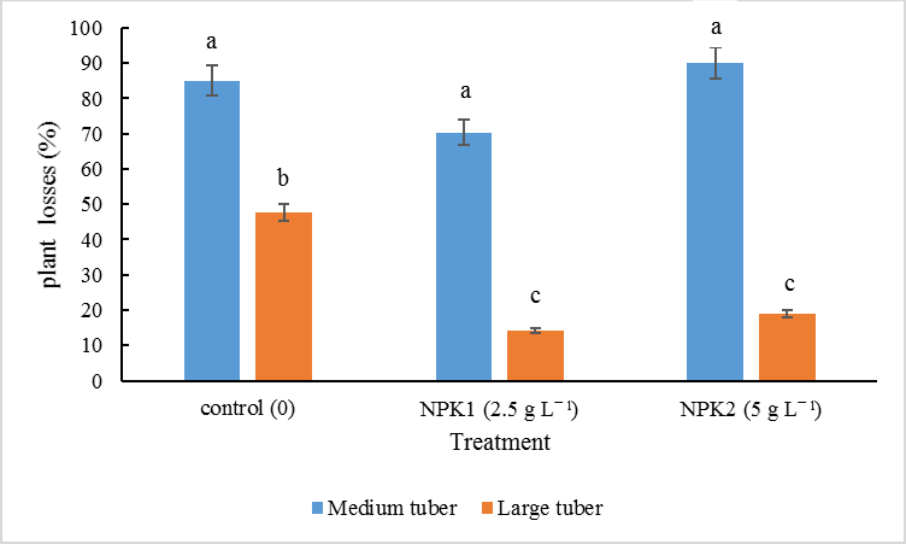


شکل ۵- اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود ۲ (۵ گرم در لیتر)) و اندازه غده (متوسط و بزرگ) بر درصد استقرار گیاهان. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 5. The interaction effect of different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) and tuber size (medium and large) on the percentage of plant establishment. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]



شکل ۶- اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود ۲ (۵ گرم در لیتر)) و اندازه غده (متوسط و بزرگ) بر درصد تلفات گیاهان. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 6. interaction effect of different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) and tuber size (medium and large) on percentage of plant losses. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

ارتفاع بوته:

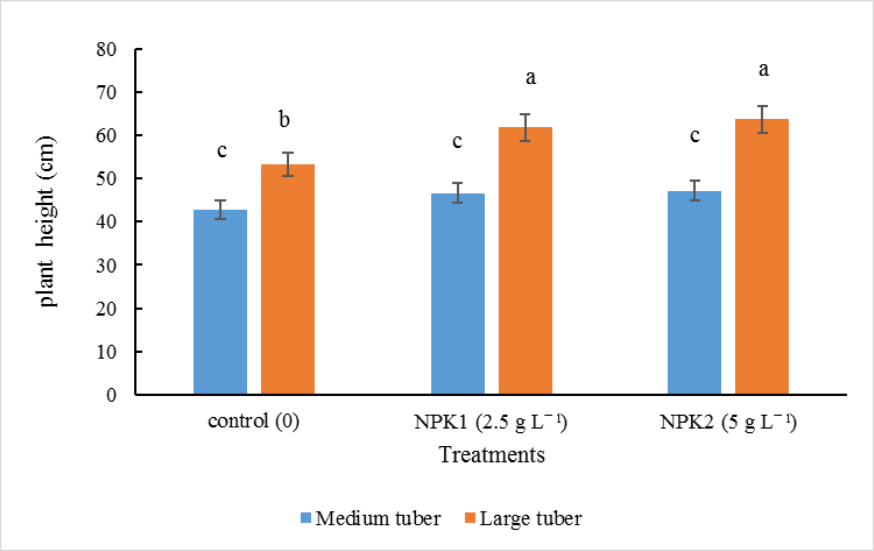
با بررسی گیاهان حاصل از غده بزرگ و متوسط مشاهده گردید، ارتفاع بوته در گیاهان تحت تیمار کود ۲۰-۲۰-۲۰ (کود ۱ و ۲) به طور معنی داری از گیاهان شاهد (کود۰) بیشتر بود اما میان کود ۱ و ۲ اختلاف معنی داری ($P<0.05$) مشاهده نشد (شکل ۷). از نظر اندازه غده‌ها نیز ارتفاع بوته در گیاهان دارای غده بزرگ از ارتفاع گیاهان با غده متوسط بیشتر بود. ارتفاع بوته در تیمارهای شاهد، کود ۱ و کود ۲ برای غده‌های متوسط به ترتیب برابر با ۴۲/۷، ۴۶/۵۸، ۴۷/۲ و در غده‌های بزرگ برابر با ۵۳/۲۸، ۶۱/۸۵ و ۶۳/۶۵ سانتی‌متر بود.

در غده‌های درشت‌تر به علت توسعه سیستم ریشه‌ای، بوته‌ها جذب آب بهتری دارند که موجب افزایش رشد و ارتفاع بوته می‌گردد (khorramdel et al., 2016). همچنین طبق مطالعات انجام شده، کاشت بنه‌های درشت‌تر زعفران (*Crocus sativus* L.) از طریق ایجاد سیستم ریشه‌ای قوی‌تر موجب بهبود رشد گیاه گردید (Amir Shekari et al., 2007). در تحقیق دیگر نیز بیان کرده اند کاشت غده‌های درشت زیره سیاه باعث افزایش ارتفاع گردید (Faravani et al., 1998).

طبق مطالعات انجام شده ارتباط مثبت و معنی‌دار بین وزن غده و ارتفاع بوته در زیره سیاه وجود دارد (Bahador et al., 2009; Singh & Kaith, 1991). محققین دلیل افزایش ارتفاع را به افزایش درصد سبزشدن و سرعت بالاتر ظهور گیاه در غده‌های درشت‌تر بیان می‌کنند (Bahador et al., 2009). تحقیقات دیگر محققین نیز نشان داده اند که استفاده از کود نیتروژن و فسفر موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی فرعی در گیاه بابونه آلمانی می‌شود (Dadkhah et al., 2012; Franz et al., 1983). دلیل این موضوع را می‌توان به این صورت بیان کرد که عناصر غذایی از جمله نیتروژن می‌تواند موجب تحریک رشد رویشی و طولانی‌تر شدن دوره رشد شود که به دنبال آن شاخه‌های بیشتری نیز در بوته تولید می‌گردد. طبق مطالعات انجام شده مصرف نیتروژن و فسفر سبب افزایش ارتفاع بوته به مقدار ۷۰/۷۵ شد که نسبت به نمونه‌های شاهد ۱۰ درصد افزایش داشت. بر اساس گزارشات، مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش ارتفاع زیره سیاه می‌گردد (Gomaa & Youssef,

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

2008). نیتروژن جزء اساسی اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها، کلروفیل و هورمون‌ها (اکسین، سیتوکینین) می‌باشد. نیترات پس از احیا به آمونیوم، در چرخه گلوتامین سنتتاز/گلوتامات سنتتاز (GS/GOGAT) وارد می‌شود و اسیدهای آمینه و پروتئین می‌سازد. همچنین نیترات بیان ژن‌های رشد ریشه (NRT1.1) و سنتز کلروفیل (LHCB) را فعال می‌کند (Wang Y. et al., 2022).



شکل ۷- اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود ۲ (۵ گرم در لیتر)) و اندازه غده (متوسط و بزرگ) بر ارتفاع بوته. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 7. Interaction effect of different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) and tuber size (medium and large) on plant height. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

تعداد چتر:

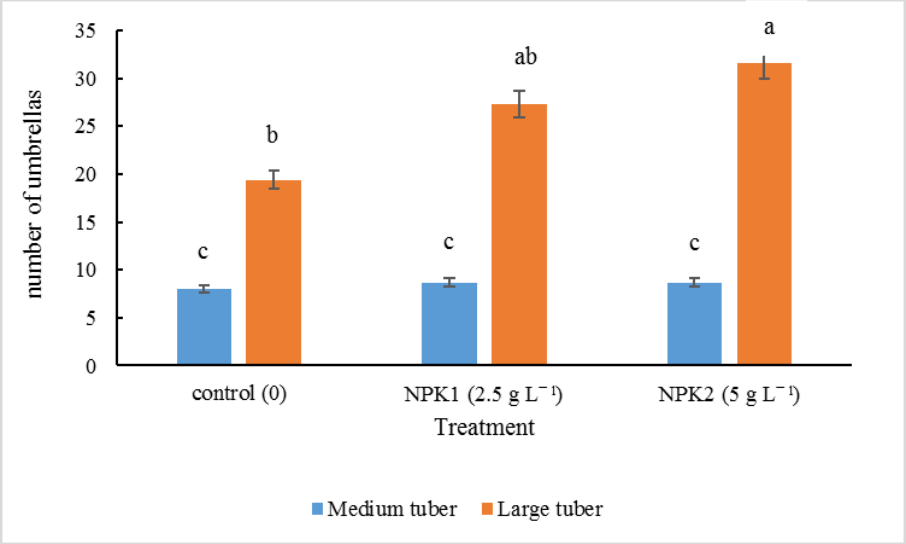
با بررسی این فاکتور در گیاهان، در تیمارهای کود ۲ و شاهد اختلاف معنی دار ($P<0.05$) مشاهده گردید. در بررسی اثر توأم اندازه غده و تیمار کودی اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) مشاهده شد و گیاهان دارای غده‌های بزرگ که با کود غلیظ (کود۲) تیماردهی شده بودند، تعداد چتر بیشتری داشتند (شکل ۸). کمترین تعداد چتر نیز در گیاهان دارای غده متوسط مشاهده گردید (۸ چتر).

طبق مطالعات انجام شده، استفاده از کود موجب تحریک رشد گیاه و افزایش اندام‌های فتوسنتزکننده می‌شود که این امر منجر به بهبود اجزای عملکرد می‌شود. سه عنصر (معروف به NPK) از کلیدی‌ترین عوامل تغذیه‌ای مؤثر بر انتقال گیاه از فاز رویشی به زایشی (القای گلدهی) هستند. فسفر نقش مستقیم در القای گلدهی دارد. این عنصر جزء حیاتی ATP و NADPH است که انرژی لازم برای سنتز پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و سایر ترکیبات ضروری برای تشکیل جوانه‌های گل را فراهم می‌کند. همچنین در مسیرهای سیگنال‌دهی مرتبط با القای گلدهی (مثل مسیر نور، دما و هورمون‌ها) نقش دارد. کمبود آن بیان ژن‌های کلیدی گلدهی مانند FT (Flowering Locus T) را مختل می‌کند (Hedden & Thomas, 2012) . نیتروژن نیز برای سنتز کلروفیل، پروتئین‌ها و هورمون‌های رشد (مانند اکسین) ضروری است. رشد رویشی قوی، پیش‌نیاز ذخیره انرژی برای گلدهی است. گیاهان ضعیف، فاقد منابع کافی برای تشکیل گل هستند (Marschner, 2012). پتاسیم نیز به انتقال موثر قندها از

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

برگ‌ها به اندام‌های زایشی کمک می‌کند. همچنین این عنصر آنزیم‌های دخیل در سنتز پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها (سوخت گلدهی) را فعال می‌کند. همچنین نتایج مطالعه محققین نشان داده است که در غده‌های با وزن بیشتر، تعداد چتر و چترک افزایش می‌یابد (Faravani et al., 1998).

در این تحقیق نیز مشاهده گردید در گیاهان زیره تحت تیمار کود و دارای غده بزرگ تعداد چتر بیشتر و تعداد چتر در غده‌های کوچکتر (متوسط) کمتر بود.



شکل ۸- اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود۲ (۵ گرم در لیتر)) و اندازه غده (متوسط و بزرگ) بر تعداد چتر. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 8. Interaction effect of different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1})) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) and tuber size (medium and large) on the number of umbrellas. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

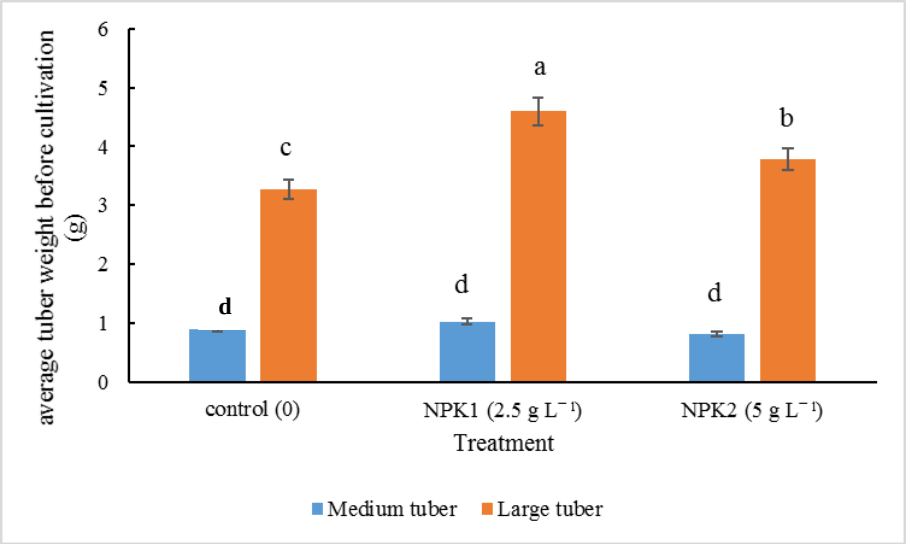
متوسط وزن غده:

وزن غده‌ها قبل از کاشت در خاک توسط ترازو اندازه گیری شد و مشاهده گردید متوسط وزن غده‌های بزرگ به طور معنی داری ($P<0.05$) از غده‌های متوسط بیشتر می‌باشد (شکل ۹).

بعد از برداشت و خارج کردن غده‌ها از خاک و وزن کردن غده‌ها متوسط وزن غده‌های بزرگ همچنان از غده‌های متوسط بیشتر بود (شکل ۱۰).

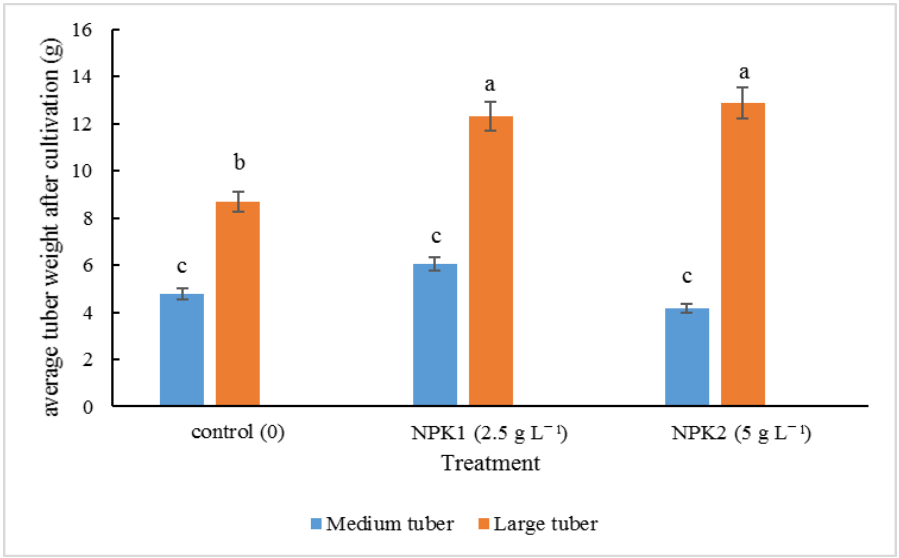
در غده‌های بزرگ‌تر (۴ساله) ، طی هر سال در اثر رشد و فتوسنتز گیاه، مواد غذایی در غده ذخیره گردیده است و ذخایر غذایی بیشتری نسبت به غده‌های سه ساله دارند به همین علت وزن غده‌های ۴ساله بیشتر است (Mardani et al., 2015). در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ نیز گیاهان با ساخت و جذب مواد غذایی بر اندوخته‌ی غده‌ها افزوده و موجب افزایش وزن غده گردیده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]



شکل ۹- نمودار اثر اندازه غده بر متوسط وزن غده قبل از کشت در تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر))، کود۲ (۵ گرم در لیتر). (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 9. Effect of tuber size on the average tuber weight before cultivation in different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})). (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).



شکل ۱۰- اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود۲ (۵ گرم در لیتر)) و اندازه غده (متوسط و بزرگ) بر متوسط وزن غده بعد از کشت. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 10. interaction effect of different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) and tuber size (medium and large) on the average tuber weight after cultivation. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

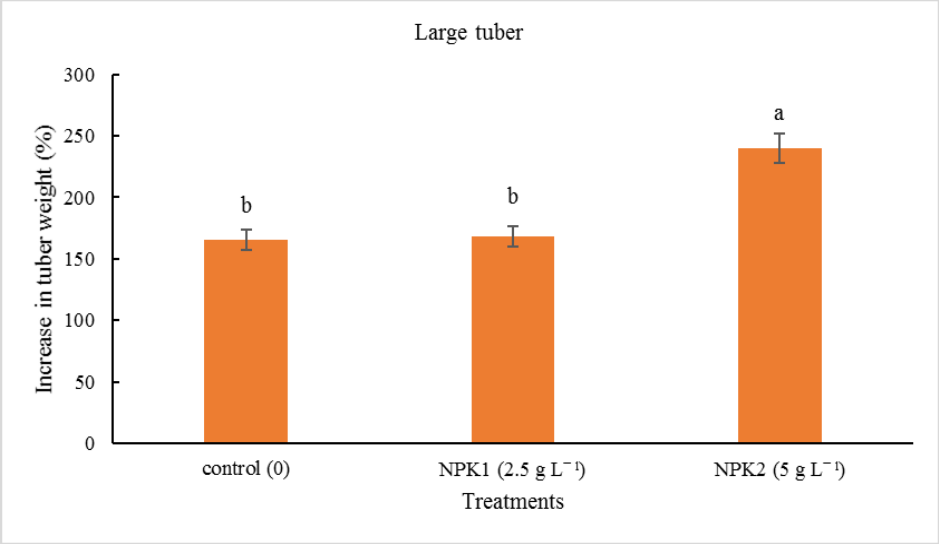
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

درصد افزایش وزن غده:

بررسی داده ها نشان داد که در هر سه تیمار کودی افزایش وزن غده ها مشاهده شد. اما در غده‌های متوسط، این افزایش بسیار بیشتر از غده‌های بزرگ (حدود ۱۵ تا ۲۰ برابر) بود و غده‌های متوسط در تیمار کود ۱، افزایش وزن بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد داشتند (شکل ۱۲). در غده‌های بزرگ بیشترین درصد افزایش وزن (۲۴۰/۳ درصد) مربوط به تیمار کود ۲ بود (شکل ۱۱).

غده به عنوان اندام ذخیره‌ای در گیاه زیره سیاه عمل می‌کند و انباشته شدن مواد غذایی در آن منجر به افزایش وزن آن می‌گردد. غده‌ها نسبت به سال قبل دارای ذخیره غذایی بیشتری هستند و گیاه حاصل از آن‌ها نیز خصوصیات رشدی بهتر و اندام‌های فتوسنتزی کارآمدتری دارد در نتیجه میزان فتوسنتز بالاتر و مواد ذخیره‌ای بیشتری در غده‌های زیر خاک انباشته خواهد شد تا در سال زراعی آینده مورد استفاده قرار گیرند. گیاه زیره سیاه برای رسیدن به بیشترین بازدهی نیاز به بازه زمانی ۴ ساله دارد و در سال چهارم، اندازه غده‌ها، ارتفاع گیاه و عملکرد بذرها به میزان مطلوب می‌رسد (Mardani et al., 2015). بنابراین همانطور که از نتایج آزمایش پیداست، غده‌های سه ساله، درصد افزایش وزن بالاتری نسبت به غده‌های چهار ساله داشتند، تا در سال زراعی آینده به عنوان غده‌های بزرگ و چهار ساله گیاهانی با خصوصیات رشدی بهتر و عملکرد بالا به عمل آید. در مطالعات انجام شده بر روی گیاه گوجه فرنگی، مشاهده شده است که با افزودن فسفر، ارتفاع و عملکرد گیاه گوجه فرنگی بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد. با افزودن فسفر به همراه نیتروژن، درصد ماده خشک میوه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه افزایش می‌یابد (Golchin et al., 2016).

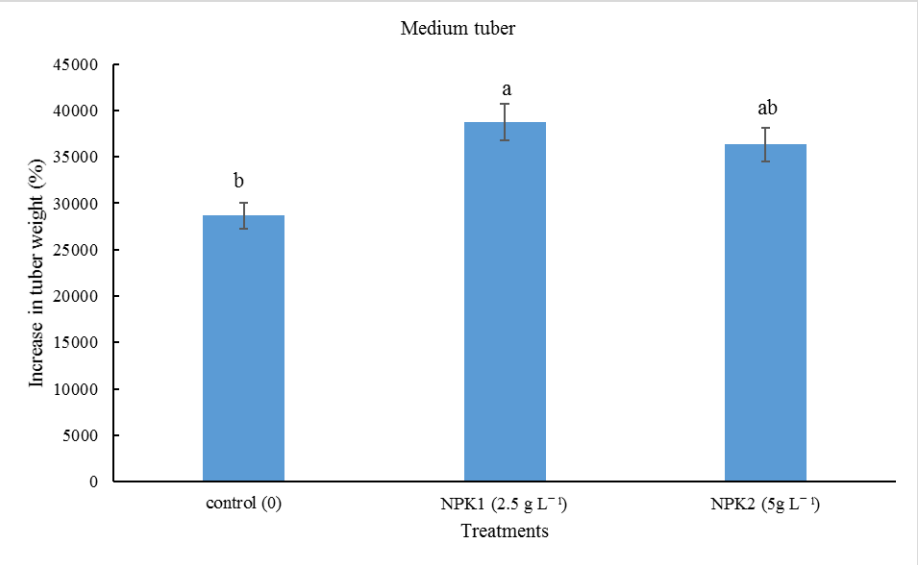


شکل ۱۱– درصد افزایش وزن در تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر) و کود۲ (۵ گرم در لیتر)) در غده با اندازه‌ی بزرگ. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 11. Percentage of increase in tuber weight in different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1}) in large tubers. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]



شکل ۱۲- درصد افزایش وزن در تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر) و کود۲ (۵ گرم در لیتر)) در غده با اندازه‌ی متوسط. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 12. Percentage of increase in tuber weight in different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) in medium-sized tubers. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

وزن هزار دانه:

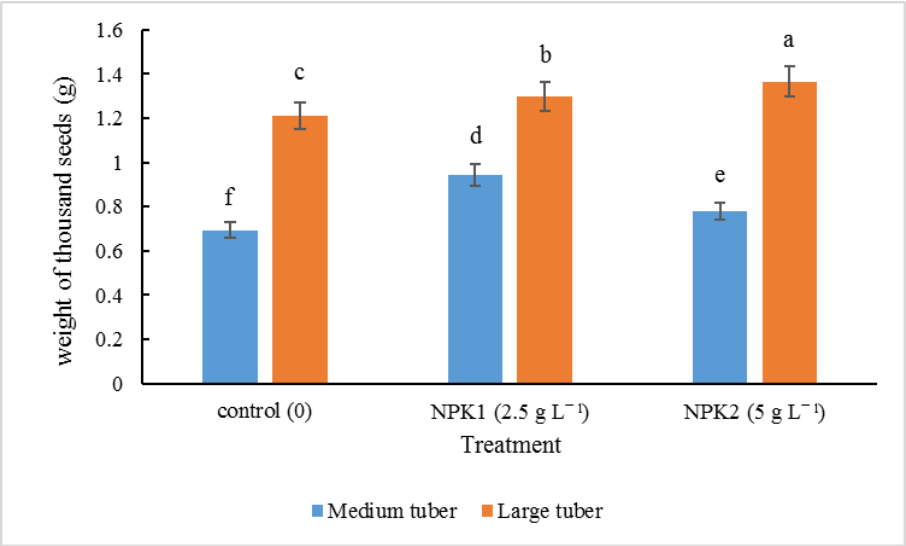
با آنالیز داده‌ها به کمک نرم افزار JMP مشخص گردید که وزن هزار دانه در تیمار شاهد برای هر دو اندازه غده‌ی بزرگ و کوچک، کمترین مقدار را داراست. بیشترین مقدار وزن هزار دانه در غده بزرگ و تیمار کود ۲ (۱/۳۶ گرم) و کمترین مقدار آن مربوط به غده‌ی متوسط و تیمار شاهد (۰/۷۸ گرم) بود (شکل ۱۳).

معمولا ذخایر غذایی در غده‌های درشت‌تر بیشتر است و حجم بیشتری از مواد را برای جوانه‌های رویشی فراهم می‌کند که موجب سریع ظهور برگ‌ها و بهبود رشد و افزایش اجزای عملکرد می‌گردد (khorramdel et al., 2016). طبق مطالعات انجام شده بر روی اثر سطوح کود دامی مختلف (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) و وزن غده بر عملکرد زیره، مشاهده گردیده است که با افزایش وزن غده، عملکرد دانه بهبود می‌یابد و همچنین بالاترین عملکرد دانه مربوط به بالاترین میزان مصرف کود دامی می‌باشد (khorramdel et al., 2016). همچنین با توجه به تحقیقات انجام شده بالاترین عملکرد مربوط به وزن غده‌های بالاتر از ۲ گرم است (Bahador et al., 1388; khorramdel et al., 2016). طبق مطالعات انجام شده ، مصرف کود شیمیایی نیتروژن و فسفر موجب افزایش عملکرد دانه زیره به میزان ۳۴ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد (عدم مصرف کود) می‌شود (Noori Hosseini et al., 2017).

طبق مطالعات انجام شده در کشور هندوستان زیره سیاه برای تولید یک تن بذر میزان ۷۲ کیلوگرم نیتروژن و ۳۲ کیلوگرم اکسید فسفر از خاک جذب می‌کند. بنابراین می‌توان بیان کرد که عناصر غذایی نقش بسیار موثری در افزایش عملکرد زیره سیاه دارند (Askarzadeh et al., 2005). در یک آزمایش گلدانی گزارش شده است که تغذیه نامناسب در سال اول برای گیاهان منجر به تولید اندام‌های زایشی کوچک در بهار سال بعد می‌شود. در حالی که با مصرف کودهای شیمیایی فسفر و نیتروژن در سال اول وزن دانه به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. همچنین مصرف دو برابر این کودهای شیمیایی در زیره سیاه موجب افزایش وزن دانه از ۰/۹۸ به ۳/۲ گرم شد (Wêglarz, 1999). همچنین با مطالعات انجام شده بر روی زیره سبز (*Carum carvi* L.)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

گزارش گردید که مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه شد (Kozera et al., 2013).



شکل ۱۳– اثر متقابل تیمارهای مختلف کودی (شاهد (۰)، کود۱ (۲/۵ گرم در لیتر)، کود۲ (۵ گرم در لیتر)) و اندازه غده (متوسط و بزرگ) بر وزن هزار دانه. (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد).

Figure 13. interaction effect of different fertilizer treatments (control (0), fertilizer1 (2.5 g L^{-1}) and fertilizer2 (5 g L^{-1})) and tuber size (medium and large) on the weight of one thousand seeds. (The same letters indicate no significant difference at the 5% probability level).

نتیجه‌گیری:

نتایج نشان داد، درصد سبزشدگی، درصد گلدهی، درصد استقرار ، ارتفاع گیاه و تعداد چتر به طور چشم‌گیری در غده‌های بزرگ بیشتر از غده‌های متوسط می‌باشد و حتی اعمال کود نیز تأثیر چندانی بر بهبود موارد ذکر شده در غده متوسط نداشته است. در حالیکه در غده‌های بزرگ درصد استقرار و تلفات، ارتفاع بوته و تعداد چتر در غلظت های بالاتر کود NPK نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی دار دارد. بطور کلی می‌توان بیان کرد به علت نقش مواد مغذی موجود در کود از قبیل ازت، فسفر و پتاسیم در تنظیم آنزیم‌های کلیدی، پروتئین‌سازی، سنتز کلروفیل و همچنین فعال‌سازی بیان ژن‌های مربوط به رشد ریشه و سنتز کلروفیل، اعمال تیمار تغذیه‌ای (کود NPK) موجب تأثیر مثبت بر رشد گیاه گردید. در نتیجه موجب افزایش رشد و عمل فتوسنتز و به دنبال آن بهبود اجزای عملکرد شد و خصوصیات رشد و اجزای عملکرد گیاه زیره سیاه را بطور معنی داری تحت تأثیر قرار داد. همچنین ذخایر غذایی در غده‌های درشت‌تر بیشتر بود و حجم بیشتری از مواد را برای جوانه‌های رویشی فراهم می‌کند که موجب تسریع ظهور برگ‌ها و بهبود رشد و افزایش اجزای عملکرد می‌گردد.

در نتیجه، مصرف کود و تقویت خاک و همچنین استفاده از غده‌های بزرگتر با سن بیشتر، می‌تواند در رشد بهتر و بهبود اجزای عملکرد این گیاه دارویی ارزشمند نقش موثری داشته باشد. البته این نکته را باید در نظر داشت که انتخاب غده‌های بزرگ برای کاشت، ممکن است به علت ورود به مرحله پیری، موجب کاهش رشد و عملکرد گردد.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

سپاسگزاری:

از دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جهت حمایت‌های اجرایی کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

Amir Shekari, H., Soroush Zadeh, A., Modaress Sani, S., & Jalali Jawaran, M. (2007). The effect of temperature at the root, onion and gibberellin on growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14*(5), 96-104.

Askarzadeh, M.-A., gholami, B., & Negari, E. (2005). Study of qualitative and quantitative yeild of mountain cumin *(Bunium persicum* Boiss.) Iran ecotypes in Mashhad weather condition. *National Conference on Sustainable Development medicinal plants, Mashhad,Iran*, 327-328.

Bahador, S., Negari, A., & Abbaspour, M. (2009). Effect of planting depth and tuber weight on yield and yield-related traits of *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch. *Research of medicinal and aromatic plants of Iran, 25*, 321-332. doi:10.22092/ijmapr.2009.7147 .(In Persian)

Boskabadi, M., & Moghadas, A. (2004). Antihistaminic effect of *Bunium persicum* (Boiss.) on Guinea Pig tracheal chains.

Dadkhah, A., aminidahchi, M., & Kafi, M. (2012). The effect of different levels of nitrogen and phosphorus on qualitative and quantitative yield of German chamomile (*Matricaria recutita*) *Crop Researches, 10*, 321-326.

El-Sawi, S. A., & Mohamed, M. (2002). Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. *Food Chemistry, 77*(1), 75-80.

Faravani, M., & Rahimian Mashhadi, H. (1998). Determine the optimum plant population of black zira in nursery and filed Mashhad, Khorasan. *Agricultural Research Center*. (In Persian)

Franz, C., Holzl, J., & Kirsch, C. (1983). Influence of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of chamomile (C*hamomilla recutita*, syn. Matricaria chamomilla). II. Effect on the essential oil.

Golchin, A., Vatani, A., & rakhsh, F. (2016). The effect of vinasse application and nitrogen and phosphorus additives on the growth and performance of tomato plants. *Horticultural science, 1*, 11-18.

Gomaa, A., & Youssef, A. (2008). Efficiency of bio and chemical fertilization in presence of humic acid on growth performance of caraway. Paper presented at the *Proe Scientific Conference of Agric*. and Biol. Res. Division under the theme. May.

He, J., Yang, B., Dong, M., & Wang, Y. (2018). Crossing the roof of the world: Trade in medicinal plants from Nepal to China. *Journal of ethnopharmacology, 224*, 100-110.

Hedden, P., & Thomas, S. G. (2012). Gibberellin biosynthesis and its regulation. *Biochemical Journal, 444*(1), 11-25.

khorramdel, s., Rezvanimoghaddam, p., Ghorbanali, a., Seyyedi, s. m., & Azizi, H. (2016). The effect of different levels of manure and tuber weights on yield and yield components of black zira (*Bunium persicum* Bioss.). *Plant production research, 22*, 133-155. (In Persian)

Khosravi, M. (1994). *Bunium persicum*, botany, ecology and investigation the possibility of crop production. M. Sc. Thesis.] Agricultural College, Ferdowsi University of Iran (In Persian).

Kozera, W., Majcherczak, E., & Barczak, B. (2013). Effect of varied NPK fertilization on the yield size, content of essential oil and mineral composition of caraway fruit (*Carum carvi* L.) *Journal of Elementology, 2*, 255-267.

Marschner, H. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press. London, 135-178.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

Mardani, H., Ziaratnia, S. M., Azizi, M., Aung, H. P., Appiah, K. S., & Fujii, Y. (2015). In vitro microtuberization of Black Zira (*Bunium persicum* Boiss.). *African Journal of Biotechnology, 14*(25), 2080-2087.

Munshi, A. (1994). Effect of N and K on the floral yield and corm production in saffron under rainfed condition. *Indian Journal of Arecanut Spices, 18*, 24-44.

Noori Hosseini, S. M., Khorasani, R., Astaraee, A., Rezvanimoghaddam, p., & Zabihi, H. (2017). The effect of different fertilizer sources and humic acid on the morphological characteristics, yield and antioxidant content of black cumin seeds (*Bunium persicum* Boiss.). *Agricultural applied research, 29*, 87-104. (In Persian)

Omidbaigi, R. (2005). Production and processing of medicinal plants. *Mashhad: Astan Ghods Razavy*. (In Persian)

Pourreza, A., & Amirshekari, H. (2019). Effect of organic and biological fertilizers and summer irrigation on quantitative yield and qualitative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in Zaveh city. *Saffron research, 7*, 269-282.

Pang Z, Chen J, Wang T, Gao C, Li Z, Guo L, Xu J, Cheng Y.(2021). Linking Plant Secondary Metabolites and Plant Microbiomes: A Review. *Front Plant Sci. 2;12:621276.*

Sadat noori, S. A., Mortazavian, S. M. M., Ghamari zare, A., Omodi, M., & Hoori, M. (2013). Investigating somatic embryogenesis in black zira (*Bunium persicum* Boiss). *Agricultural biotechnology, 5*, 69-85.

Sadeghi, B. (1993). Effect of corm weight on saffron flower collection. *Publication of Scientific Resource-Technology Research Center of Khorasan*.

Saeidnejad, A.-H., Khajeh-Hosseini, M., & Askarzadeh, M.-A. (2013). Breaking dormancy of seeds from eight populations of *Bunium persicum* (Apiaceae). *Seed Science and Technology, 41*(3), 452-457.

Sasani, S., Afshar, R., OPoustini, k., & Sharifzadeh, F. (2006). Evaluation of humidity vernalization, hormone treatment and storing period on dormancy breakage and germination induction of *Bunium persicum*. *Iranian Journal of Field Crop Science, 287-294*, 287-294.

Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y., & Gruda, N. (2013). Soilless culture (FAO Plant Production and Protection Paper No. 217). *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

Sharifi, H., Nabipour, Z., & Tavakkoli Kakhki, H. R. (2021). Evaluation of the effect of compensatory behavior of planting density, mother corm weight and planting depth on vegetative characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology, 9*(3), 227-248.

Simic, A., Rančic, A., Sokovic, M., Ristic, M., Grujic-Jovanovic, S., Vukojevic, J., & Marin, P. D. (2008). Essential oil composition of *Cymbopogon winterianus*.L and *Carum carvi*.L and their antimicrobial activities. *Pharmaceutical Biology, 46*(6), 437-441.

Singh, J., & Kaith, D. (1991). Variability and correlation studies in some kala zira collecting from Kinnaur (HP) for some kala zira yield contributing parameters. *Indian Cocoa Arecanut and Spices Journa, 14*(3), 81-82.

Sofi, P. A., Zeerak, N. A., & Singh, P. (2009). Kala zeera (*Bunium persicum* Bioss.): a Kashmirian high value crop. *Turkish Journal of Biology, 33*(3), 249-258.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2010). Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland, 782 p.

Tang, Y. et al. (2024). Sucrose metabolism during tuber development in carrot. *Plant Journal, 118(1), 112-126.*

Wang, W., Xu, J., Fang, H., Li, Z., & Li, M. (2020). Advances and challenges in medicinal plant breeding. *Plant Science, 298*, 110573.

Wang, X. et al. (2024). Jasmonate-mediated defense priming in tuber crops. *Plant Cell Reports, 43(3), 78.*

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]

Weglars, Z. (2006). *Production of biennial caraway for seed and essential oil.* Amsterdam: Harwood academic publishers,.

Wêglarz, Z. (1999). Production of biennial caraway for seed and essential oil. In *Caraway* (pp. 156-169): CRC Press.

Westermann, D. T., & Kleinkopf, G. E. (2020). Interaction between seed tuber size and nitrogen fertilization in potato. *American Journal of Potato Research, 97 (4), 321-330* .

Zhou, F., Wang, F., Zhang, X., Lu, Y., Ren, B., Yang, S., Lu, L., & Li, L. (2025). Physiological and Metabolomics Analyses Revealed That Overexpression of CBL-Interacting Protein Kinase 23 Accelerate Tuber Sprouting in Potato. *Horticulturae*, *11*(4), 342.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/NBR.12.3.4]