J. Crop Prod. Process. 2026, 16(3), 45-61; DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Effect of Bio-fertilizer Application on Quantitative, Qualitative, and Yield Indices of Potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Carlia in Two Warm and Cold Climates

Nasrin Abbasi Dehkordi, Mahmoud Reza Tadayon*, Mohammad Rafieiolhossaini and Mojtaba Karimi

Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Extended Abstract:

Introduction: Sustainable agriculture, as a modern approach, plays a significant role in enhancing productivity and conserving natural resources. In this context, climate, as one of the fundamental environmental factors, has a considerable impact on the growth and agronomic performance of crop plants. Variations in climatic conditions can influence plant growth processes and lead to fluctuations in production levels. On the other hand, the use of biofertilizers as a suitable alternative to chemical inputs has gained importance in improving production efficiency and reducing environmental impacts. These inputs can contribute effectively to increasing yield by enhancing the nutritional status of plants and stimulating biological activity in the soil. The interaction between climatic conditions and the application of biofertilizers is considered one of the key factors determining the success of production systems. Therefore, simultaneous evaluation of the effects of climate and biofertilizers on crop performance is of particular importance. This study aimed to determine how climate and fertilizer treatments influence potato performance under field conditions.

Materials and Methods: A field experiment was conducted in 2025 to evaluate the effects of two contrasting climates, i.e. warm and cold, on the quality, nutritional, growth, and yield traits of the table potato cultivar 'Karlia.' The experiment was arranged in a randomized complete block design with three fertilizer treatments: Biofarm, mycorrhiza, and an unfertilized control, at two locations (in southwest of Iran) representing warm conditions (Bazoft) and cold conditions (Shahrekord), with three replications. Before planting, potassium sulfate was applied according to soil test results and crop requirements. In the Biofarm treatment, seed tubers were immersed for 15 minutes in a solution prepared from the biofertilizer (5 L per 100 L water) and then planted. Mycorrhizal inoculum was applied at a rate of 10 g m^{-2} at planting, placed in a band beneath the tubers.

Results: The results showed that fertilizer treatments had a significant effect on all evaluated traits, location had a significant effect on tuber yield, tuber specific gravity, tuber protein percentage, stem diameter, number of stems, and plant dry weight, and their interaction was significant only for tuber protein percentage. Biofarm fertilizer produced the highest tuber yield (94.73 tons ha^{-1}), harvest index (68.33%), tuber dry matter (24.54%), stem diameter (1.28 cm), number of stems (18.33), and plant dry weight (135.81 g). The mycorrhiza treatment resulted in the highest tuber specific gravity (1.17 g cm^{-3}) and number of tubers per plant (16.33), whereas the greatest amounts of reducing sugars (5.68 mg g^{-1}) and amylose (35.73%) were observed in the control treatment. The cold region (Shahrekord) was superior, with a tuber yield of 94.69 tons ha^{-1}, specific gravity of 1.107 g cm^{-3}, 16.88 stems per plant, and plant dry weight of 132.5 g, while stem diameter was higher in the warm region (Bazoft), reaching 1.41 cm. The highest tuber protein content in both regions was obtained under the mycorrhiza treatment.

Discussions: The results of this study showed that both fertilizer treatments and climatic conditions strongly influenced the growth, yield, and quality of the Karlya table potato cultivar. Fertilizer treatments significantly affected all measured

Received: Jun. 04, 2026; Revised: Jul. 29, 2026; Accepted: Aug. 09, 2026; Published Online: Oct. 17, 2026.

* Corresponding Author: mrtadayon@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

traits, while location mainly influenced tuber yield, specific gravity, protein percentage, stem diameter, number of stems, and plant dry weight. The interaction between fertilizer and location was significant only for tuber protein content, highlighting its sensitivity to both climate and nutrition.

Biofarm biofertilizer produced the highest tuber yield, harvest index, tuber dry matter, stem diameter, number of stems, and plant dry weight, indicating its high potential for improving productivity and vegetative growth. Mycorrhiza, in turn, resulted in the greatest tuber specific gravity, number of tubers per plant, and the highest tuber protein content in both regions, emphasizing its role in enhancing tuber formation and nutritional quality. In contrast, the control treatment produced the highest reducing sugar and amylose contents, which were associated with lower yield. Climatically, the cold region (Shahrekord) outperformed the warm region (Bazoft) in tuber yield, specific gravity, number of stems, and plant dry weight, confirming that cooler conditions are more favorable for Karlya performance.

Conclusions: Overall, the findings suggest that Biofarm, especially in cold regions, is suitable for maximizing yield and biomass, while mycorrhiza is more effective for improving tuber quality and protein content. The use of these biological fertilizers can partially replace chemical fertilizers, enhance productivity and quality, and contribute to the goals of sustainable potato production.

Keywords: Amylose, Biofarm, Harvest Index, Mycorrhiza, Reducing Sugars

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

How to Cite: Abbasi Dehkordi N., Tadayon M R., Rafieiolhossaini M., Karimi M., Effect of Bio-fertilizer application on quantitative, qualitative, and yield indices of potato (*Solanum tuberosum* l.) cv. carlia in two warm and cold climates. *J. Crop Prod. Process*. 2026, 16(3), 45-61 (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

Copyright © 2026 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۵، دوره ۱۶، شماره ۳، صص. ۶۱-۴۵، DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی

صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

تاثیر کاربرد کودهای زیستی بر شاخص‌های کمی،کیفی و عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) رقم کارلیا در دو اقلیم گرم و سرد

نسرین عباسی دهکردی، محمودرضا تدین*، محمد رفیعی‌الحسینی و مجتبی کریمی

چکیده– این پژوهش با هدف بررسی اثر دو اقلیم گرم و سرد بر ویژگی‌های کیفی، تغذیه‌ای، رشد و عملکرد رقم خوراکی سیب‌زمینی (کارلیا) انجام شد. این آزمایش به شکل بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار کودی شامل: بایوفارم، مایکوریزا و عدم استفاده از کود (شاهد) در در دو منطقه گرم (بازفت) و سرد (شهرکرد) در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که تیمارهای کودی بر تمامی صفات مورد بررسی، منطقه بر عملکرد غده، وزن مخصوص غده، درصد پروتئین غده، قطر ساقه، تعداد ساقه و وزن خشک بوته و اثر متقابل آن‌ها تنها بر درصد پروتئین غده اثر معنی‌داری داشت. تیمار کودی بایوفارم بیشترین میزان عملکرد غده (۹۴/۷ تن در هکتار)، شاخص برداشت (۶۸/۳ درصد)، ماده خشک غده (۲۴/۵ درصد)، قطر ساقه (۱/۲۸ سانتی‌متر)، تعداد ساقه (۱۸/۳) و وزن خشک بوته (۱۳۵ گرم) را ایجاد کرد. تیمار مایکوریزا منجر به بیشترین وزن مخصوص غده (۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و تعداد غده در بوته (۱۶/۳) شد، درحالی‌که بیشترین میزان قندهای کاهنده (۵/۶۸ میلی‌گرم بر گرم) و آمیلوز (۳۵/۷ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد. منطقه سرد (شهرکرد) با عملکرد ۹۴/۷ تن در هکتار، وزن مخصوص ۱/۱۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب، تعداد ساقه در بوته ۱۶/۸ و وزن خشک بوته ۱۳۲ گرم برتر بود. این در حالیست که بیشترین قطر ساقه به میزان ۱/۴۱ سانتی‌متر از منطقه گرم به‌دست آمد. بالاترین میزان پروتئین غده در تیمار مایکوریزا برای هر دو منطقه حاصل شد. به‌طور کلی، ترکیب منطقه سرد و کود بایوفارم بیشترین اثر مثبت را بر صفات مورد مطالعه داشت.

واژه‌های کلیدی: آمیلوز، بایوفارم، شاخص برداشت، قندهای احیائی، مایکوریزا.

دریافت مقاله: ۱۴۰۵/۰۳/۱۴، بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۰۷، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸، اولین انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۲۵

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

*نویسنده مسئول، رایانامه: mrtadayon@yahoo.com

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۵ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان، نقش اساسی در تأمین امنیت غذایی و تغذیه انسان دارد و پس از گندم، برنج و ذرت در رتبه چهارم تولید جهانی قرار می‌گیرد (۲). این گیاه زراعی به‌دلیل ارزش غذایی بالا، سازگاری نسبی با شرایط مختلف اقلیمی و کارایی بالا در تولید ماده خشک، از اهمیت ویژه‌ای در نظام‌های کشاورزی برخوردار است (۲۹). در ایران، سیب‌زمینی یکی از گیاهان زراعی استراتژیک محسوب شده و سطح زیرکشت قابل‌توجهی را به خود اختصاص داده است، به‌طوری‌که مجموع سطح زیرکشت این گیاه زراعی در استان‌های سردسیر، گرمسیر و معتدل حدود ۱۴۷ هزار هکتار برآورد شده است. استان چهارمحال و بختیاری به‌دلیل شرایط آب‌وهوایی و اقلیم مناسب، یکی از قطب‌های تولید سیب‌زمینی در کشور است و با میانگین عملکرد ۳۵ تا ٤٥ تن در هکتار، جزو پنج استان برتر کشور محسوب می‌شود (۲۷). سیب‌زمینی رقم کارلیا، رقمی خوراکی، نیمه‌زودرس با پوست و گوشت زرد کم‌رنگ، کیفیت پخت مطلوب، غده‌های یکنواخت و بازارپسندی بالا بوده و برای انبارداری مناسب است (۱۳).

دما به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی، تأثیر قابل‌توجهی بر رشد، نمو و عملکرد سیب‌زمینی دارد. این گیاه به شرایط خنک برای غده‌زایی مطلوب نیاز دارد و افزایش دما می‌تواند سبب کاهش تشکیل غده، کاهش کیفیت محصول و افزایش تنش‌های فیزیولوژیک در کارکردهای گیاه شود (۲۳). با این حال، بر اساس مدل‌های اقلیمی و سناریوهای تغییر اقلیم، در دهه‌های آینده بخش عمده‌ای از مناطق تولید سیب‌زمینی، در معرض دماهای بالاتری قرار خواهند گرفت (۳۱).

استفاده از کودهای زیستی یکی از راهکارهای مؤثر و سازگار با محیط‌زیست محسوب می‌شود. باکتری‌های این گروه با آزادسازی فسفر نامحلول خاک و تحریک رشد ریشه، جذب عناصر را افزایش می‌دهند. دما نیز نقش مهمی در فعالیت و کارایی میکروارگانیسم‌های خاک، به‌ویژه باکتری‌های معروف به کودهای زیستی، ایفا می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که شرایط دمایی نامناسب می‌تواند فعالیت زیستی این باکتری‌ها را کاهش داده و درنتیجه کارایی آن‌ها در تثبیت عناصر غذایی، به‌ویژه فسفر و نیتروژن، محدود شود (۱٦).

از جمله باکتری‌های مؤثر، جنس‌های *Azospirillum*، *Pseudomonas*، *Xanthomonas* و *Rhizobium* هستند که با تولید هورمون‌های رشد، تثبیت نیتروژن و محلول‌سازی عناصر غذایی، رشد گیاه را افزایش داده و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی را تقویت می‌کنند (٤٨). این کودهای زیستی با بهبود ساختمان خاک و تحریک رشد ریشه، سبب افزایش عملکرد و کاهش نیاز به کودهای شیمیایی در گیاهان زراعی می‌شوند. قارچ‌های مایکوریزایی نیز از طریق توسعه شبکه میسلیومی و افزایش سطح جذب ریشه، موجب بهبود جذب عناصر کم‌تحرک نظیر فسفر و افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی می‌شوند (۱۷).

در مطالعه‌ای پژوهشگران نشان دادند که تیمار سیب‌زمینی با کودهای زیستی، ارتفاع بوته، تعداد ساقه و مقدار ماده خشک غده‌ها را افزایش داده است (۵۱). پژوهشگران دیگر نیز، بیشترین شاخص برداشت در سیب‌زمینی را به میزان ۵۱/٤ درصد در استفاده از کودهای شیمیایی همراه با کودهای بیولوژیک گزارش کردند (۲۰). در گزارشی پژوهشگران بیان کردند مایکوریزا در سیب‌زمینی ارتفاع بوته، کلروفیل، تعداد غده‌های قابل فروش، درصد ماده خشک و عملکرد را به میزان ٤٤/۳ تن در هکتار افزایش داده است (۳).

برهم‌کنش بین شرایط اقلیمی، به‌ویژه دما و کاربرد کودهای زیستی، می‌تواند اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی داشته باشد. در مناطق سرد، فعالیت مایکوریزا و باکتری‌های مفید، ممکن است تاحدی محدود شود، درحالی‌که در مناطق گرم، افزایش دما می‌تواند کارایی این میکروارگانیسم‌ها را به‌صورت مثبت یا منفی تحت تأثیر قرار دهد. استفاده از کودهای زیستی ممکن است با بهبود وضعیت تغذیه‌ای و فیزیولوژیک گیاه، اثرات منفی تنش‌های دمایی را تعدیل نماید (٤). بنابراین، بررسی اثرات متقابل اقلیم و کودهای زیستی بر صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

جدول ۱. میانگین درجه حرارت ماهیانه مناطق مورد آزمایش در طی فصل رشد (فروردین- مهر ۱٤۰٤)

Table 1. Mean monthly temperature of the experimental sites during the growing season (March–October 2025)

Bazoft							
September	August	July	June	May	April	March	Temperature (°C)
10.3	15.9	19.4	17.5	13.2	9.4	6.2	Minimum
30.3	36.9	39.8	38.6	35.3	27.6	20.1	Maximum
Shahrekord							
September	August	July	June	May	April	March	Temperature (°C)
1.6	7.9	12.5	13.4	8.1	5.2	2.7	Minimum
30	32.3	34.6	36.1	31.5	27.7	19	Maximum

می‌تواند به توسعه راهکارهای مدیریتی مناسب برای افزایش عملکرد در شرایط مختلف محیطی کمک کند.

جایگزینی یا مصرف تلفیقی تدریجی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی، رویکردی مؤثر برای ارتقای بازده تولید و حفظ منابع خاک محسوب می‌شود. نظر به اینکه بیشتر مناطق استان چهارمحال و بختیاری، دارای اقلیم معتدل سرد و یکی از قطب‌های تولید سیب‌زمینی در کشور است، هدف از این پژوهش بررسی واکنش سیب‌زمینی خوراکی رقم کارلیا به کاربرد کودهای زیستی در دو اقلیم گرم و سرد این استان، با تمرکز بر ویژگی‌های کیفی و غذایی غده است.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در سال ۱٤۰٤ در منطقه گرم بازفت در استان چهارمحال و بختیاری، با مختصات جغرافیائی "۵۳ ′۱۲ °۳۲ شمالی و "۱۱ ′۳ °۵۰ شرقی در ارتفاع ۱۵۳۵ متر از سطح دریا و منطقه سرد شهرکرد، با مختصات جغرافیایی "۳۲ ′۱۹ °۳۲ شمالی و ۵۲" ۵۱′ ۵۰° شرقی در ارتفاع ۲۰۸۰ متر از سطح دریا (جدول ۱) با سطح زیر کشت ۵۰۰۰ هکتار و متوسط عملکرد ٤۵ تن در هکتار به‌عنوان یکی از استان‌های تولیدکننده سیب‌زمینی کشور اجرا شد (۲۷).

در این پژوهش بذر سیب‌زمینی خوراکی رقم کارلیا از شرکت انبوه کشت اصفهان، کود بایوفارم (*Azotobacter*، *Azospirillum* و*Pseudomonas*) از شرکت فناوری زیستی طبیعت‌گرا و قارچ مایکوریزا از کلینیک گیاهپزشکی اسدآباد همدان تهیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح کودی (کاربرد بایوفارم، مایکوریزا و عدم استفاده از کود (شاهد) و دو منطقه (بازفت و شهرکرد) بودند. تعداد تیمارها به‌صورت هدفمند و بر اساس هدف اصلی پژوهش محدود انتخاب شد، زیرا مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر دو تیمار کود زیستی در مقایسه با شاهد در دو منطقه طراحی شده بود. افزون بر این، محدود بودن تعداد تیمارهای کودهای زیستی به‌دلیل وسعت سطح زیر کشت بود تا موجب ساده‌تر شدن طرح آزمایشی، کاهش خطای آزمایش و افزایش دقت و قابلیت اطمینان نتایج شود. علت انتخاب دو منطقه گرم و سرد برای مطالعه، آن بود که آیا امکان تداوم کاشت یا به‌عبارتی استمرار تولید سیب‌زمینی در هر دو منطقه گرم و سرد استان چهارمحال و بختیاری، وجود دارد و میزان و تفاوت‌های تولید، در این دو منطقه چگونه خواهد بود؟.

جهت تجزیه خاک مزارع اجرای طرح، دو نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه بازفت و منطقه شهرکرد در جدول ۲ درج شده است. پس از تهیه نقشه کاشت، اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین شد و کشت در منطقه بازفت در فروردین ماه و در منطقه شهرکرد در خرداد ماه انجام گرفت. قبل از کشت، تنها کود سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک و نیاز گیاه مصرف شد و هدف آن بود که نقش کودهای زیستی در تامین نیتروژن و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع مورد آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of soil in the experimental fields

K	P	Total N	Oganic carbon	pH	EC	Soil texture
(mg.kg^{-1})		(%)	(%)		(dS m^{-1})	
Bazoft						
237	8.2	0.064	0.86	7.51	0.66	Loamy–clay
Shahrekord						
327	9.8	0.074	0.56	7.55	0.62	Loamy–clay

فسفر، بدون مصرف کودهای شیمایی و فسفره مشخص شود. جهت اعمال تیمار کود بایوفارم، بذور سیب‌زمینی در محلول تهیه‌شده از کود زیستی بایوفارم (۵ لیتر در ۱۰۰ لیتر آب) به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده و سپس کشت شدند. مایه تلقیح قارچ مایکوریزا به مقدار ۱۰ گرم در مترمربع در زمان کاشت به صورت نواری زیر غده‌ها قرار داده شد. ابعاد هرکرت ۳×٤ مترمربع به‌گونه‌ای که هر کرت شامل ٤ خط کاشت به طول ۳ متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر بود. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی در منطقه گرم بازفت هر ۷ روز یکبار و در منطقه سرد شهرکرد هر ۱۰ روز یکبار بر اساس حفظ وضعیت آب سهل الوصول خاک انجام شد. در منطقه گرم، آبیاری به گونه‌ای مدیریت شد که آبیاری تا قبل از رسیدن وضعیت آب خاک به محدوده پایین آب سهل الوصول، رطوبت خاک حفظ شده تا از هرگونه کمبود آب جلوگیری شود. به‌دلیل نرخ بالاتر تبخیر و تعرق، مجموع آب مصرفی در منطقه گرم بازفت بیشتر از منطقه سرد بود تا اطمینان حاصل شود که گیاهان فقط تحت تنش حرارتی قرار می‌گیرند و با تنش آبی همراه نمی‌شوند. عملیات مبارزه با علف‌های هرز در مرحله داشت با دست انجام شد.

روش اندازه‌گیری صفات:

قطر ساقه، تعداد ساقه در بوته، تعداد غده در بوته و وزن خشک بوته: در مرحله رسیدگی (در منطقه گرم بازفت اواخر شهریور ماه و درمنطقه سرد شهرکرد اواخر مهرماه) و با خشک شدن اندام هوایی و با حذف اثر حاشیه‌ای، ده بوته انتخاب و قطر ساقه، تعداد ساقه در بوته، تعداد غده در بوته و وزن خشک بوته با میانگین‌گیری از ۱۰ بوته محاسبه شدند.

برای اندازه‌گیری قطر ساقه، از کولیس دیجیتال استفاده شد. بدین منظور، انتهای ساقه اصلی بین دو دهانه کولیس قرار گرفت و مقدار خوانده‌شده ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک بوته، هرکدام از بوته‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ٤۸ ساعت قرارداده شد، سپس توزین شده و میانگین آن‌ها به عنوان وزن خشک بوته در نظر گرفته شد.

عملکرد غده: در پایان فصل رشد از هر تیمار، غده‌ها از سطحی معادل یک مترمربع برداشت شد، توزین کرده و عملکرد غده را به‌دست آورده و به عملکرد در هکتار تبدیل شدند.

شاخص برداشت: شاخص برداشت با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد (۸).

$$HI = \frac{Yt}{Yt + W}$$

Y_t: عملکرد غده در زمان برداشت (تن)

W: بیشترین وزن اندام های هوایی (تن)

وزن مخصوص غده: جهت تعیین وزن مخصوص غده‌ها (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، از هر تیمار حدود یک کیلوگرم غده انتخاب و وزن آن‌ها از طریق غوطه‌ور شدن در آب تعیین و بعد از آن با استفاده از رابطه زیر وزن مخصوص غده‌ها تعیین شد (٤۹).

$$SG = \frac{W_{air}}{W_{air} - W_{Water}}$$

W_{air}: وزن غده در هوا (گرم)

W_{Water}: وزن غده در آب (گرم)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

درصد ماده خشک غده: جهت تعیین درصد ماده خشک سیب‌زمینی در هر یک از تیمارها یک غده کوچک (با قطرکمتر از ۳۵ میلی‌متر) ، یک غده متوسط (با قطر بین ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر) و یک غده بزرگ (قطر بیشتر از ۵۵ میلی‌متر) انتخاب شد. سپس پوست روی نمونه‌ها تراشیده شد و غده‌ها خرد و مخلوط و توزین شدند. بعد از آن نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و برای خشک‌کردن آن‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سیلیسیوس به مدت ٤٨ ساعت قرار گرفتند تا زمانی‌که به وزن ثابت برسند. با تثبیت وزن، نمونه‌ها از داخل آون خارج و مجدداً توزین شد. در نهایت درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۱۲).

$$DM\% = (\frac{W_{fresh}}{W_{dry}}) \times 100$$

W_{fresh} : وزن تر غده (گرم)

Wdry : وزن خشک غده (گرم)

اندازه‌گیری پروتئین غده: درصد نیتروژن با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد و با استفاده از ضریب تبدیل مربوطه (N× ٦/٢٥) درصد پروتئین محاسبه شد (٦).

اندازه‌گیری قندهای کاهنده: بدین‌منظور از روش Somogyi- Nelson استفاده شدکه براساس تبدیل فری‌سیانید به فرسیانید به وسیلهٔ قند احیاکننده و اندازه‌گیری رنگ حاصله طی واکنش با معرف آرسنومولیبدات، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. میزان قندهای احیاکننده غده، پس از استخراج در ایزوپروپانول توسط روش نلسون اندازه‌گیری شد (۷).

اندازه‌گیری آمیلوز: استخراج آمیلوز با استفاده از محلول ۰/۰٦ مولار اوره در ۹۰ درصد دی‌متیل سولفوکسید (محلول استخراج UDMSO) انجام شد. یک محلول نمونه با استفاده از ۵۰–۲۰ میلی‌گرم پودر نشاسته به همراه ٦ میلی‌لیتر محلول استخراج UDMSO در لوله‌های آزمایش جداگانه و درپوش تهیه شد. این لوله‌ها بلافاصله با هم مخلوط شده و به‌مدت ۳۰ دقیقه در یک حمام آب در حال جوش قرار داده شد و گاهی اوقات مخلوط شد. از این محلول نمونه، ۱۰۰ میکرولیتر به لوله دیگری پیپت شد و با ۲۰۰ میکرولیتر اتانول مطلق مخلوط شد. ۷۰۰ میکرومول دیگر اتانول مطلق افزایش و مخلوط شد. پس از درپوش گذاشتن لوله‌ها، به محلول‌ها به مدت ۱۵ دقیقه اجازه داده شد تا باقی بمانند. سپس لوله‌ها در دمای ۲۰۰۰×g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس لوله‌ها تخلیه شد و ۲ میلی‌لیتر محلول اتانول ۹۵ درصد برای کمک به تشکیل گلوله اضافه شد. لوله‌ها مجدداً در دمای ۲۰۰۰×g به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و تخلیه شد. برای حل کردن آمیلوز، ۱۰۰ میکرولیتر UDMSO به لوله‌ها اضافه شد، درپوش گذاشته شد و به مدت ۱۵ دقیقه به طور کامل در یک حمام آب جوش حل شد. پس از خنک شدن محلول تا دمای اتاق، ۵ میلی‌لیتر از ۰/۵ درصد تری‌کلرواستیک اسید (TCA) در این محلول مخلوط شد. ۵۰ میکرولیتر محلول ید (تهیه شده با افزودن ۱/۲۷ گرم کریستال ید و ۳ گرم یدید پتاسیم در هر لیتر آب مقطر) به هر یک از لوله‌ها اضافه شد. سپس لوله‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حمام آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قبل از خواندن جذب‌ها در ٦٢٠ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر با آب به‌عنوان مرجع منتقل شد. دو نمونه خالی تنها با استفاده از محلول UDMSO تهیه شد. محتویات آمیلوز با استفاده از یک منحنی استاندارد به‌دست آمده از غلظت‌های استاندارد آمیلوز متفاوت با استفاده از طول موج یکسان و اسپکتروفتومتر محاسبه شد (٤٣).

به‌منظور آنالیز داده‌های آزمایش ابتدا همگنی واریانس داده‌ها در دو منطقه بازفت و شهرکرد با استفاده از آزمون بارتلت مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از آن آنالیز واریانس مرکب در زمان با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

قطر ساقه: اثرات اصلی کود و منطقه مورد مطالعه، بر صفت قطر ساقه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر بر همکنش کود × منطقه معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمار کودی بایوفارم، بیشترین میزان قطر ساقه را با میانگین ۱/۲۸ سانتی‌متر به خود اختصاص

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

جدول۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر منطقه و کود بر صفات مورفولوژیک و عملکرد سیب‌زمینی

Table 3. Combined analysis of variance for the main effects and interactions of location and fertilizer on morphological traits and potato yield

Sum of squares							
Harvest index	Plant dry weight	Tuber yield	Number of tubers plant per	Number of stems plant per	Stem diameter	df	S.O.V
56.9 n.s	8825**	4555**	2.72 n.s	107**	1.62**	1	Location
16.7 n.s	0.37 n.s	39 n.s	5.72 n.s	8.56 n.s	0.05 n.s	4	Location × Block
238**	3881**	1450**	63.4**	74.1**	0.23*	2	Fertilizer
20.2 n.s	1.32 n.s	82 n.s	0.39 n.s	2.06 n.s	0.005 n.s	2	× Location Fertilizer
10.7	208	114	1.72	4.06	0.03	8	Error
5.16	13.0	13.6	10.05	13.9	16.9	–	CV(%)

n.s، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns., ❊❊and ❊: not- significant, significant at 1% and 5%, respectively

داد (جدول ٤). همچنین، بالاترین قطر ساقه در منطقه بازفت با ثبت میانگین ۱/٤۱ سانتی‌متر، مشاهده شد (جدول ٥). این یافته‌ها بیانگر آن است که فراهمی عناصر غذایی و شرایط اقلیمی هر منطقه، اثرگذاری متفاوت و معنی‌داری بر فرایندهای رشد رویشی، تغییرات معنی‌داری در ضخامت ساقه ایجاد می‌کند. در تبیین این پدیده، می‌توان گفت که افزایش دما در گیاه سیب‌زمینی، سبب تحریک رشد اندام‌های هوایی می‌شود، از سویی موجب کاهش کارایی فتوسنتز و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت غده‌ها می‌شود؛ این شرایط سبب تجمع کربن در شاخ و برگ شده و درنهایت افزایش ضخامت ساقه را به‌همراه دارد. کودهای زیستی می‌توانند با افزایش دسترسی به نیتروژن، فسفر و سایر عناصر، توسعه بافت‌های آوندی و مریستمی را تقویت کنند و درنتیجه ساقه قطورتر شود. از طرف دیگر، بهبود فعالیت ریشه و افزایش جذب آب و مواد غذایی نیز می‌تواند به افزایش رشد قطری ساقه منجر شود. نتایج این مطالعه با یافته‌های پیشین هم‌سو است؛ چنان‌که در پژوهشی دیگر، استفاده از تیمار ترکیبی کمپوست و ازتوباکتر، قطر ساقه‌ای معادل ۱/۳ سانتی‌متر را در سیب‌زمینی گزارش کرده است (٤۰). علاوه بر این، مطالعه انجام شده توسط مارالیا و همکاران (۲٥) نیز نشان داد که تنش‌های محیطی در سیب‌زمینی می‌تواند با تغییر در الگوی رشد، منجر به افزایش قطر ساقه شود.

تعداد ساقه در بوته : اثرات اصلی کود و منطقه مورد مطالعه بر تعداد ساقه گیاه سیب‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر بر هم‌کنش کود × منطقه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمار کودی بایوفارم با میانگین ۱۸/۳ بیشترین تعداد ساقه را تولید کرد (جدول ٤). همچنین در میان مناطق مورد بررسی، منطقه سرد شهرکرد با تولید ۱٦/۸ ساقه، بالاترین عملکرد را در این صفت از خود نشان داد (جدول ٥). افزایش تعداد ساقه در گیاهان تیمار شده با بایوفارم، به‌ویژه در منطقه سرد شهرکرد، می‌تواند ناشی از بهبود وضعیت جذب عناصر غذایی، تحریک رشد جوانه‌های غده و ارتقای بنیه رویشی گیاه در شرایط اقلیمی مناسب‌تر باشد. این یافته‌ها با نتایج گزارش‌شده توسط سایر پژوهشگران هم‌راستا است؛ در پژوهشی گزارش شد در تاریخ کاشت مناسب، تحت شرایط دمایی خنک‌تر، تعداد ساقه در سیب‌زمینی افزایش داشته است (۳۹). در گزارشی دیگر مشاهده شد استفاده از کودهای زیستی در ترکیب

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر تیمار کودی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد سیب‌زمینی

Table 4.Mean response of morphological traits and potato yield to various fertilization treatments

Harvest index (%)	Plant dry weight (g)	Tuber yield (ton)	Tubers/plant	Stems/plant	Stem diameter (cm)	Fertilizer
68.3 a	135 a	94.7 a	13 b	18.3 a	1.28 a	Biofarm
65.6 a	110 b	77.9 b	16.3 a	13.5 b	1.15 a	Mycorrhiza
56.3b	84.9 c	63.6b	9.83 c	11.5b	0.9 b	no fertilizer

برای هر تیمار، حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD نیست.

Different letters in each column indicate significant differences among treatments (LSD, $P \leq 0.05$)

جدول ٥. مقایسه میانگین اثر منطقه بر صفات مورفولوژیک، کیفی و عملکرد سیب‌زمینی

Table 5. Effect of location on morphological, quality and yield traits of potato

Tuber specific gravity ($g.cm^{-3}$)	Plant dry weight (g)	Tuber yield (ton)	Stems/plant	Stem diameter (cm)	Fertilizer
1.00 b	88.3 b	62.8 b	12 b	1.41 a	Bazoft
1.11 a	132 a	94.7 a	16.88 a	0.81 b	Shahrekord

برای هر تیمار، حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD نیست.

Different letters in each column indicate significant differences among treatments (LSD, $P \leq 0.05$)

با سایر نهاده‌های کودی منجر به افزایش تعداد ساقه در سیب‌زمینی می‌شود (١). همچنین پژوهشگران در مطالعه خود تأکید کرد که کاربرد کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد ساقه سیب‌زمینی می‌شود (١٤).

تعداد غده در بوته: اثر اصلی کود بر تعداد غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر منطقه و اثر بر همکنش کود × منطقه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ٣). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، تیمار کودی مایکوریزا با میانگین ١٦/٣ بیشترین تعداد غده را به خود اختصاص داد (جدول ٤). این نتیجه نشان می‌دهد که قارچ‌های مایکوریزا، از طریق افزایش سطح جذب ریشه و بهبود جذب عناصر غذایی، به‌ویژه فسفر، نیتروژن و ریزمغذی‌ها، می‌توانند رشد رویشی و فتوسنتز گیاه سیب‌زمینی را تقویت کنند. درنتیجه، افزایش تأمین مواد غذایی و انتقال کربوهیدرات‌ها به اندام‌های زیرزمینی، زمینه را برای تحریک غده‌زایی و افزایش تعداد غده فراهم می‌سازد. یافته‌های این پژوهش با نتایج مطالعات پیشین نیز هم‌خوانی دارد؛ به‌طوری‌که پژوهشگران گزارش کردند استفاده از مایکوریزا در ترکیب با کمپوست موجب افزایش تعداد غده در بوته سیب‌زمینی شده است (٣٦). همچنین، در مطالعه‌ای دیگر مشاهده شد که کاربرد مایکوریزا باعث افزایش تعداد غده در رقم آریندا شده است (٤).

عملکرد غده: اثرات اصلی کود و منطقه، بر عملکرد غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر بر هم‌کنش کود × منطقه بر عملکرد غده معنی‌دار نبود (جدول ٣). بیشترین عملکرد غده از تیمارکودی بایوفارم به میزان ٩٤/٧ تن در هکتار حاصل شد (جدول ٤). منطقه سرد شهرکرد بیشترین عملکرد غده (٩٤/٧ تن در هکتار) را تولید کرد (جدول ٥).

کودهای زیستی به‌دلیل توانایی در آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طول دوره رشد، می‌توانند کارایی تغذیه‌ای و عملکرد گیاهان زراعی را در مقایسه با کودهای شیمیایی، به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشند. این برتری عمدتاً ناشی از فعالیت باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) مانند *Pseudomonas* spp.، *Azospirillum* spp. و *Enterobacter cloacae* است که از طریق سازوکارهایی نظیر تولید فیتوهورمون‌ها، تثبیت نیتروژن و ترشح اسیدهای آلی در ناحیه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

ریشه، جذب عناصر غذایی را افزایش داده و موجب توسعه سیستم ریشه و بهبود توان فیزیولوژیکی گیاه می‌شوند (۲۸). در میان این میکروارگانیسم‌ها، *Azospirillum* spp. به‌واسطه دو ویژگی اصلی، یعنی تثبیت نیتروژن اتمسفری و تولید فیتوهورمون‌ها، نقش برجسته‌ای در رشد گیاه دارد؛ به‌طوری‌که نیتروژن تأمین‌شده توسط این باکتری با افزایش رشد رویشی و تقویت انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای، به افزایش عملکرد نهایی منجر می‌شود. نتایج مطالعه‌ای نیز نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک حاوی ترکیب سه باکتری *Enterobacter cloacae*، *Azospirillum* و *Pseudomonas* باعث افزایش وزن مینی‌تیوبر در رقم بانبا شد. همچنین، گزارش شده است که تلقیح سیب‌زمینی با *Azospirillum* موجب افزایش وزن غده نسبت به *Pseudomonas*،*Azotobacter* و شاهد شده است، که این موضوع نقش مؤثر *PGPR*ها را در بهبود تولید غده تأیید می‌کند (۳٤).

از سوی دیگر، برتری عملکرد در منطقه سرد را می‌توان با اصول فیزیولوژی سیب‌زمینی و حساسیت آن به دما تبیین کرد. سیب‌زمینی گیاهی سرماپسند است و در محدوده دمایی معتدل، به‌ویژه برای رشد رویشی و غده‌زایی، کارایی بالاتری دارد؛ به‌گونه‌ای که دمای مناسب برای رشد رویشی حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس، برای غده‌زایی حدود ۲۰ درجه سلسیوس و برای فتوسنتز حدود ۱٦ تا ۲۵ درجه سلسیوس گزارش شده است (۲٤). در دماهای بالاتر، نرخ تنفس افزایش یافته و بخشی از کربوهیدرات‌های تولیدشده به‌جای انتقال به غده، صرف نیازهای متابولیک و حفظ اندام‌های هوایی می‌شود؛ درنتیجه، تسهیم مواد پرورده به سمت غده کاهش می‌یابد و عملکرد نهایی محدود می‌شود (۳۰). بنابراین، اقلیم خنک‌تر با کاهش تنش حرارتی و حفظ تعادل مبداء- مقصد، شرایط مطلوب‌تری برای انتقال مواد فتوسنتزی به غده و تحقق کامل پتانسیل عملکردی تیمارهای کودی، به‌ویژه کودهای زیستی، فراهم می‌کند (۱۹ و ۳۷).

وزن خشک بوته: اثرات اصلی کود و منطقه بر وزن خشک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر بر هم‌کنش کود × منطقه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن خشک بوته در تیمار کودی بایوفارم با ۱۳۵ گرم مشاهده شد (جدول ٤). همچنین در بین مناطق مورد بررسی، منطقه شهرکرد با ۱۳۲ گرم بیشترین وزن خشک بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۵). افزایش وزن خشک بوته را می‌توان ناشی از هم‌افزایی شرایط دمایی مساعد برای انباشت ماده خشک و نیز اثر محرک زیستی بایوفارم در بهبود تغذیه و رشد گیاه دانست. در همین راستا، نتایج برخی پژوهش‌های پیشین نیز این یافته را تأیید می‌کند؛ به‌طوری‌که در مطالعه‌ای گزارش شد استفاده از باکتری *Azospirillum* موجب افزایش وزن خشک بوته در سیب‌زمینی شده است (۳۳). همچنین، دهدار و همکاران (۹) بیان کردند که در تیمارهای تلقیح‌شده با کود زیستی، افزایش وزن خشک گیاه سیب‌زمینی می‌تواند ناشی از بهبود جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم درنتیجه گسترش سیستم ریشه‌ای باشد. شرایط دمایی مناسب می‌تواند با افزایش فعالیت و تلقیح و کلونیزاسیون باکتری‌های محرک رشد گیاه، جذب عناصر غذایی و توسعه ریشه را تقویت کرده و درنتیجه موجب افزایش وزن خشک بوته شود. در مقابل، دماهای بالاتر از حد بهینه، با کاهش کارایی فتوسنتزی و اختلال در انتقال مواد فتوسنتزی، از بروز کامل اثرات مثبت کودهای زیستی جلوگیری می‌کنند ضمن آنکه در دماهای بالا نیز فعالیت میکروبی نیز در خاک کاهش می‌یابد؛ بنابراین، برتری وزن خشک بوته در اقلیم سرد را می‌توان حاصل هم‌زمانی فعالیت مؤثر PGPR و شرایط دمایی مطلوب برای رشد رویشی دانست (٤۵).

شاخص برداشت: اثر اصلی کود بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر منطقه و اثر بر هم‌کنش کود × منطقه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت از تیمارکودی بایوفارم به میزان ٦۸/۳ درصد حاصل شد (جدول ٤). این شاخص در واقع بیانگر میزان مواد تولیدشده توسط گیاه است که در قالب اندام‌های ذخیره‌ای (دانه، میوه یا غده) تجمیع می‌شود. هرچه مواد غذایی کافی‌تر در اختیار گیاه قرار گیرد، ظرفیت فتوسنتز و تولید ماده خشک افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

جدول٦. نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر منطقه و کود بر صفات کیفی سیب‌زمینی

Table 6. Combined analysis of variance for the effects of region and fertilizer on qualitative traits of potato

Sum of squares						
Amylose	Reducing Sugars	Tuber Protein Content	Tuber dry mass	Tuber Specific Weight	df	S.O.V
2.72 n.s	0.38 n.s	2.22**	15.3 n.s	0.04*	1	Location
6.32n.s	0.81n.s	0.43*	6.09	0.002n.s	4	× Location Block
183**	8.73**	9.49**	71.1**	0.06**	2	Fertilizer
0.94 n.s	0.015 n.s	0.69 *	16.8 n.s	0.02 n.s	2	× Location Fertilizer
3.73	0.97	0.08	50.8	0.006	8	Error
6.57	7.09	4.52	10.1	7.87	-	CV(%)

n.s، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

n.s, ** and *: not- significant, significant at 1% and 5%, respectively

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر تیمار کودی بر برخی صفات کیفی سیب‌زمینی

Table 7. Mean comparison of the effect of fertilizer treatments on selected potato quality traits

Amylose (%)	Reducing Sugars (mg gFW)	Tuber Dry Matter (%)	Tuber Specific Weight (g cm^{-3})	Fertilizer
25.6 b	3.28 c	24.5 a	0.97 b	Biofarm
26.8 b	4.24 b	20.3 b	1.17 a	Mycorrhiza
35.7 a	5.68 a	17.7 b	1.01 b	no fertilizer

برای هر تیمار، حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD نیست.

Different letters in each column indicate significant differences among treatments (LSD, $P \leq 0.05$)

یافته و درنتیجه ذخیره‌ی این مواد در اندام‌های تولیدی نیز بیشتر می‌شود (۲۰). در این پژوهش نیز، گیاهان به‌واسطه‌ی وضعیت مطلوب تغذیه‌ای، توانسته‌اند از آسیمیلات تولیدی خود به‌صورت بهینه بهره‌برداری نموده و آن‌ها را در غده‌ها ذخیره کنند. مطالعات پیشین نیز این یافته را تأیید می‌کنند. گزارش شده است که تلقیح با باکتری‌های *Azospirillum* و *Pseudomonas* سبب افزایش ٦٠/٣ درصدی شاخص برداشت در گیاه سیب‌زمینی شده است (۳۸).

وزن مخصوص غده: اثرات اصلی کود و منطقه به‌ترتیب بر وزن مخصوص غده در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). بیشترین وزن مخصوص غده، از تیمار کودی مایکوریز به میزان ۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب (جدول۷) و منطقه سرد شهرکرد به میزان ۱/۱۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب حاصل شد (جدول۵).

استفاده متعادل و هدفمند از عناصر غذایی، نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی سیب‌زمینی دارد. در این پژوهش، کاربرد مایکوریزا با جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش وزن مخصوص غده‌های سیب‌زمینی شده است. به‌نظر می‌رسد که جذب بیشتر عناصر غذایی در طول دوره‌ی رشد، موجب بهبود کیفیت غده‌های تولیدی، از جمله افزایش تراکم مواد جامد و نشاسته بیشتر در غده می‌شود. در منطقه گرم، احتمالا به‌دلیل تنفس روزانه و به‌ویژه تنفس بیشتر شبانه گیاه، در مقایسه با منطقه سرد، تجمع مواد خشک و از جمله نشاسته در غده کمتر بوده و وزن مخصوص غده در این مناطق کمتر از مناطق سرد است. وزن مخصوص غده سیب‌زمینی، یکی از شاخص‌های کلیدی در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

صنایع فرآوری سیب‌زمینی محسوب می‌شود و به‌عنوان معیاری برای ارزیابی میزان مواد جامد، نشاسته و سایر ترکیبات کیفیت‌زا به‌کار می‌رود. وزن مخصوص بالا و یکنواخت از دیدگاه کشاورزان و صنایع فرآوری، اهمیت بالایی دارد، زیرا به پایداری کیفیت محصول و افزایش راندمان فرآوری کمک می‌کند (۵۲). در تحقیقاتی وزن مخصوص کم‌ترغده سیب‌زمینی در مناطق با دمای بالاتر ثبت شده است که می تواند به‌دلیل کاهش محتوای نشاسته موجود برای انتقال به برگ‌ها و ترکیب کم نشاسته در بافت غده باشد (۱۲). در پژوهشی گزارش شد استفاده از کود مایکوریزا وزن مخصوص غده را به میزان ۳٪ افزایش داده است (٤٦).

درصد ماده خشک: اثراصلی کود بر درصد ماده خشک غده، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر منطقه و اثر بر هم‌کنش کود × منطقه معنی‌دار نبود (جدول ٦). بیشترین درصد ماده خشک از تیمارکودی بایوفارم به میزان ۲٤/۵ درصد حاصل شد (جدول ۷). از آنجا که درصد ماده خشک یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی در سیب‌زمینی محسوب می‌شود، به‌عنوان معیاری اساسی در ارزیابی ارزش تغذیه‌ای و صنعتی سیب‌زمینی نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت محصول تازه‌خوری و فرآوری‌شده دارد؛ بنابراین، حفظ و افزایش آن از اهداف مهم مدیریت تغذیه‌ای در این محصول به‌شمار می‌رود (۵۰).

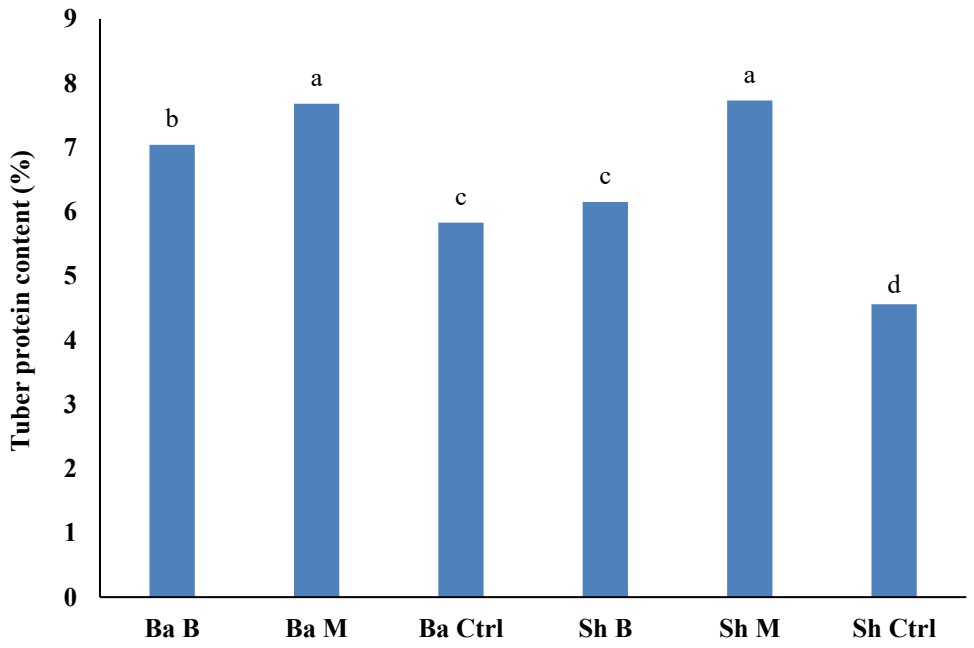
افزایش معنی‌دار درصد ماده خشک در اثر مصرف کودهای زیستی، می‌تواند ناشی از بهبود جذب عناصر غذایی، توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای و افزایش کارایی فتوسنتز و تامین بیشتر آسیمیلات برای غده‌ها باشد. گزارش‌های پژوهشی نشان داده‌اند که مصرف کودهای زیستی و آلی موجب افزایش معنی‌دار ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی شده است (۲۰) و در برخی مطالعات نیز افزایش این صفت تا ۲۰/۱ درصد نسبت به شاهد گزارش شده است (۳). به‌طور کلی، درصد ماده خشک غده تحت تأثیر عوامل ژنتیکی رقم و نیز شرایط محیطی و مدیریتی از جمله ویژگی‌های خاک، وضعیت تغذیه گیاه و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. باکتری‌های محرک رشد گیاه، از طریق تولید ترکیبات شبه‌هورمونی و افزایش رشد و گستردگی ریشه، جذب آب و عناصر غذایی را بهبود می‌بخشند و درنتیجه موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و درنهایت افزایش ماده خشک در غده‌ها می‌شوند (۱۸). همچنین گزارش شده است که گونه‌های *Azospirillum* و *Pseudomonas* با تولید تنظیم‌کننده‌های رشد، کارایی جذب عناصر غذایی را افزایش داده و از این طریق باعث بهبود فتوسنتز و افزایش تولید ماده خشک در سیب‌زمینی می‌شوند (۳۲).

پروتئین غده: : اثرات اصلی کود و منطقه در سطح احتمال یک درصد و اثر برهم‌کنش کود× منطقه در سطح احتمال پنج درصد بر پروتئین غده معنی‌دار بود (جدول ٦). بیشترین پروتئین غده از تیمار ترکیبی منطقه شهرکرد و کود مایکوریزا به میزان ۷/۷۳ درصد به‌دست آمد که با تیمار ترکیبی منطقه بازفت و کود مایکوریزا (۷/٦۸) تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین آن از تیمار ترکیبی منطقه شهرکرد و عدم استفاده از کود (شاهد) به میزان ٤/٥٦ درصد حاصل شد (شکل ۱).

محتوای پروتئین کل یکی از مهم‌ترین عوامل در ارزیابی کیفیت سیب‌زمینی است. هرچند سیب‌زمینی به نسبت سایر گیاهان زراعی دارای محتوای پروتئین کمتری است، اما به‌دلیل اهمیت آن در تغذیه انسان و دام‌ها، از ارزش زیستی بالایی برخوردار است (۵). میزان پروتئین در غده‌های سیب‌زمینی یک عامل اساسی در تعیین کیفیت این محصول به‌شمار می‌آید، زیرا افزایش سطح پروتئین می‌تواند کیفیت خوراکی و ارزش غذایی آن را تقویت نماید. به‌علاوه، میزان پروتئین در گیاهان به‌طور مستقیم با مقدار نیتروژن خاک همبستگی دارد. افزایش درصد پروتئین سیب‌زمینی در اثر کاربرد کود مایکوریزا را می‌توان به نقش این قارچ در بهبود جذب عناصر غذایی، به‌ویژه فسفر و نیز نیتروژن، و تقویت رشد و توسعه ریشه نسبت داد. مایکوریزا با گسترش سطح جذب ریشه و افزایش انتقال عناصر معدنی، وضعیت تغذیه‌ای گیاه را بهبود می‌دهد و درنتیجه، بستر مناسبی برای افزایش سنتز ترکیبات آلی از جمله پروتئین فراهم می‌سازد (۳۵). علاوه بر این، شرایط آب‌وهوایی سرد شهرکرد، احتمالاً با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تیمارهای کود و منطقه بر درصد پروتئین غده سیب زمینی.

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Ctrl، عدم استفاده از کود: M، کود مایکوریزا: B کود بایوفارم: Sh، منطقه شهرکرد: Baمنطقه بازفت:

Figure 1. Mean comparison of the interaction effect of fertilizer treatments and region on potato tuber protein content (%)

Different letters in each column indicate significant differences among treatments (LSD, P≤ 0.05)

Ba: Bazoft region; Sh: Shahrekord region; B: Biofarm; M: Mycorrhiza; Ctrl: Control

تعدیل کاهش تنش حرارتی، حفظ کارایی فتوسنتز و بهبود تعادل مبداء- مقصد، موجب شده است که پاسخ گیاه به مایکوریزا در قالب افزایش درصد پروتئین بروز کند.

پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که قارچ مایکوریزا و کودهای زیستی نقش مهمی در افزایش پروتئین گیاهان دارند. در مطالعه‌ای پژوهشگران گزارش کردند که تیمار با کود مایکوریزا سبب افزایش پروتئین در غده سیب زمینی شد، زیرا گیاهان مایکوریزایی در انتقال مواد پرورده موفق‌تر عمل می‌کنند (٤). تحقیقات جدیدتر نیز این نتایج را تقویت کرده‌اند؛ گزارش شده است که کودهای زیستی می‌توانند پروتئین سیب زمینی را تا ۱۹/۲ درصد افزایش دهند (٤٤).

قندهای کاهنده: اثر اصلی کود بر قندهای کاهنده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر منطقه و اثر بر هم‌کنش کود × منطقه معنی‌دار نبود (جدول ٦). بیشترین میزان قندهای کاهنده از تیمار عدم استفاده از کود به میزان ٥/٦٨ میلی‌گرم بر گرم حاصل شد (جدول ٧). دما به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در تغییر میزان قندهای احیاکننده، شامل مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز و همچنین دی‌ساکارید ساکارز در غده سیب‌زمینی شناخته شده است (١١). این قندهای احیاکننده، نقش حیاتی در تعیین کیفیت فرآورده‌های سیب‌زمینی ایفا می‌کنند؛ به‌طوری‌که میزان آن‌ها مستقیماً بر کیفیت رنگ نهایی محصولات تأثیر می‌گذارد. لذا، شناسایی و اعمال شرایطی که منجر به کاهش قندهای احیاکننده شوند، برای تولید سیب‌زمینی با مصارف صنعتی بسیار حائز اهمیت است (٢٦).

قندهای احیاکننده به عنوان عوامل ضد کیفیت در فرآوری سیب‌زمینی عمل می‌کنند. افزایش غلظت این قندها در غده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

سیب‌زمینی، واکنش میلارد را در طول فرآوری تشدید کرده و به کاهش کیفیت محصولات تولیدی منجر می‌شود. به طور معمول، برای فرآوری مطلوب، مقدار قندهای احیاکننده باید به کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر گرم ماده تر کاهش یابد (۱۵). در مطالعه انجام شده، حتی بیشترین مقادیر قندهای احیاکننده مشاهده شده نیز در محدوده مطلوب بوده و هرچه این مقادیر کمتر باشند، کیفیت محصول نهایی بهبود می‌یابد. بنابراین، پایین بودن میزان قندهای احیاکننده یکی از پارامترهای کلیدی و مطلوب در تولید فرآورده‌های غذایی با کیفیت از سیب‌زمینی محسوب می‌شود.

میزان آمیلوز: نتایج اثر اصلی کود بر میزان آمیلوز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود درحالی‌که اثر منطقه و اثر بر هم‌کنش کود × منطقه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ٦). بیشترین میزان آمیلوز از تیمار عدم استفاده از کود به میزان ۳۵/۷ درصد و کم‌ترین میزان آمیلوز از تیمار کودی بایوفارم به میزان ۲۵/٦ درصد حاصل شد (جدول ۷). محتوای آمیلوز در نشاسته گیاهان غده‌ای، پارامتری حیاتی است که مستقیماً با ساختار گرانول‌های نشاسته مرتبط بوده و ویژگی‌های عملکردی آن را تعیین می‌کند (۲۱). از آنجایی که نشاسته‌های غنی از آمیلوز به‌دلیل قدرت ژل‌سازی بالا، در صنایع غذایی نظیر تولید نان، شیرینی و ماکارونی کاربرد گسترده‌ای دارند، تعیین عوامل مؤثر بر میزان آن اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که محتوای آمیلوز در نشاسته‌های با منشأ گیاهی مختلف، به شدت تحت تأثیر شرایط کشت، از جمله نوع خاک، شرایط آب و هوایی و مدیریت تغذیه‌ای قرار دارد (٤۷).

در بررسی اثر مدیریت تغذیه‌ای، استفاده از انواع محلول‌های زیستی (Biostimulants) می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر خواص عملکردی نشاسته داشته باشد. به‌طور مشخص، در گیاه سیب‌زمینی، استفاده از محلول‌های آبی مانند BlueN و Quantis در مقایسه با تیمارهای شاهد (عدم کوددهی)، منجر به کاهش معنادار میزان آمیلوز شده است (٤۲)؛ به‌طوری که در برخی بررسی‌ها، میزان آمیلوز استخراج شده از سیب‌زمینی در محدوده ۲٤/۷ تا ۲۹/۷ درصد گزارش شده است (٤۱).

در سیب‌زمینی مدیریت عنصر پتاسیم (K) به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی، اثر کاهنده‌ای بر محتوای آمیلوز نشان داده است (۵۱). از نظر مکانیسم، استفاده از کود پتاسیم می‌تواند با تحت تأثیر قرار دادن فعالیت آنزیم‌های دخیل در مسیر سنتز نشاسته، منجر به کاهش همزمان محتوای آمیلوز و فسفر شود (۵۱). در مجموع، این یافته‌ها بر لزوم در نظر گرفتن تعاملات پیچیده میان عناصر مغذی و شرایط محیطی جهت مدیریت و بهبود کیفیت نشاسته، به‌ویژه در محصول سیب‌زمینی، تأکید دارند.

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر نشان داد که مدیریت تغذیه‌ای از طریق استفاده از کودهای زیستی و شرایط اقلیمی، نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین پتانسیل عملکرد و کیفیت رقم خوراکی سیب‌زمینی (کارلیا) ایفا می‌کنند. نتایج حاصل از آزمون‌های آماری تأیید کرد که تیمارهای کودی بر اکثر شاخص‌های رشد و عملکرد تأثیر مستقیم داشتند، اما اثر متقابل اقلیم و نوع کود تنها بر میزان پروتئین غده اثر معنی‌داری بر جای گذاشت که نشان‌دهنده پایداری برخی صفات کیفی در برابر تغییرات اقلیمی است.

استفاده از کود بایوفارم با ایجاد بیشترین میزان عملکرد غده (۹٤/۷ تن در هکتار)، شاخص برداشت و وزن خشک بوته، به عنوان مؤثرترین تیمار برای افزایش بهره‌وری اقتصادی در این رقم شناخته شد. در مقابل، کاربرد مایکوریزا با بهبود وزن مخصوص غده و تعداد غده در بوته، نقش برجسته‌ای در بهبود ساختار فیزیکی و محتوای پروتئین غده در هر دو اقلیم داشت. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که اقلیم سرد (شهرکرد) به‌دلیل شرایط محیطی مطلوب، پتانسیل بالاتری برای تولید عملکرد غده و وزن خشک بوته نسبت به اقلیم گرم فراهم می‌کند، هرچند قطر ساقه در مناطق گرم بیشتر بود.

در مجموع، بر اساس یافته‌های این تحقیق، پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت در رقم کارلیا، به‌ویژه در مناطق سردسیر، استفاده از ترکیب کود بایوفارم و مدیریت بهینه اقلیمی توصیه می‌شود. این رویکرد نه تنها منجر به افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

عملکرد محصول می‌شود، بلکه با استفاده از کودهای زیستی، گامی مؤثر در جهت کشاورزی پایدار و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی برداشته می‌شود.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه شهرکرد بابت کمک در انجام این پژوهش تشکر می‌شود.

منابع

1. Abdirahman, S. H., J. M. Joseph, K. K. Paul and W. N. Moses. 2022. Effect of biofertilizers and farmyard manure on growth and tyuber yield of potatoes (*Solanum tubersum* L.) in Highlands of Knya. *European Journal of Agriculture and Food Sciences* 4(5): 83-89.
2. Abdollahi, M. and A. Soleymani. 2014. Influence of integrated use of chemical, biological and organic fertilizers on nitrate, lead and cadmium concentration and physiological characteristics of different cultivars of potato. *Research on Crops* 15(1): 198-205. (In Farsi).
3. Abdulkadhum, M. H., M. Ali Ibadi and M. Saad Shakir. 2023. Effect of mycorrhizal addition and organic fertilization on the growth and yield of potato in autumn season. 4th International Conference of Modern Technologies in Agricultural Sciences. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science* 1262: 042004.
4. Adavi, Z. and A. Baghbani Arani. 2018. The effect of planting date and symbiotic mycorrhiza fungi on physiological and growth characteristics of three cultivars of potato. *Iranian Journal of Plant Biology* 10(1): 39-56. (In Farsi).
5. Aghighi Shahverdi, M., S. Maleki Farahani and B. Mamivand. 2017. Evaluation of changes of protein percentage, lysine and methionine amino acids in potato genotypes and cultivars. *Journal of Plant Ecophisyology* 29(9): 103-112. (In Farsi).
6. Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein- dyebinding. *Analal Biochemistry* 72: 248-254.
7. Cottrell, J. E., C. M. Duffus, L. Paterson and G. R. Mackay. 1995. Properties of potato starch: Effect of genotype and growing conditions. *Phytochemistry* 40(4): 1057-1064.
8. Deblonde, P. M. K. and F. Ledent. 2000. Effects of moderate drought conditions on crop growth parameters and earliness of six potato cultivars under field conditions. *Agronomic* 20: 595-608.
9. Dehdar, B., A. Ghavidel and M. Karimi. 2024. The effect of growth-promoting rhizobacteria and mycorrhizal fungi on morphological characteristics, starch and nutritional elements of potato tubers in Ardabil. *Iranian Journal of Seed Science and Research* 11(4): 83-95. (In Farsi).
10. Desta, B., N. Tena and G. Amare. 2023. Response of potato to heat stress and strategic methods to cope with it. *Innovare Journal of Agricultural Science* 11(1): 1-9.
11. Edvards, C. G., J. W. Englar, C. R. Brown, J. C. Peterson and E. J. Sorensen. 2002. Changes in color and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. *American Journal of Potato Research* 79(1): 49-53.
12. Eskandari, A., H. Khazaei, E. Nezami, M. Kafi and A. Majd Abadi. 2011. Effect of irrigation regime on physiological characteristics, yield and water use efficiency of potato under Mashhad climatic conditions. *Journal of Horticultural Sciences* 1(2): 119-128.
13. Europlant. 2025. Europlant Variety List. Available online at: https://www.europlant.biz/en/list-of-varieties. Accessed 31 December 2025.
14. Fathy Yousef, A., A. Ahmed Mahmoud, A. Mohamed Abdallah and L. Sobhi .2023. Improved plant yield of potato through exogenously applied potassium fertilizer sources and biofertilizer. *AMB Express* 13: 124.
15. Freitas, S. T., E. I. P. Pereira, A. C. S. Gomez, A. Brackmann, F. Nicoloco and D. A. Bisognin. 2012. Processing quality of potato tubers produced during autumn and spring and stored at different temperatures. *Horticultura Brasileira* 30: 91-98.
16. Ghaffari, M., R. T. Taghizade and D. Hassanpanah. 2019. Effect of different levels of humic acid and NPK fertilizer on yield and quality of mini- tubers of two potato cultivars in Ardabil region. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 3(29): 209-222. (In Farsi).
17. Ghasemi, S. M., T. Ahmadzadeh Torabi and M. Hosseini. 2018. Field effect of seed treatment with biofertilizers biofarm and probio 96 on improving the quality and yield of rainfed wheat in Farahan. *Iranian Journal of Seed Science and Technology* 7(2): 143-152. (In Farsi).
18. Hajiloo, M., H. Abbas Dokht, M. R. Amrian and A. Gholami. 2010. The effect of different levels of manure and seed priming with Azospirillum and Azotobacter bacteria on growth characteristics, yield, and yield components of maize. In: Proceeding of 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Tehran, Iran.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

19. Hastilestari, B. R., M. Mudersbach, F. Tomala, H. Vogt, B. Biskupek-Korell, P. Van Damme, S. Guretzki and U. Sonnewald. 2018. Deciphering source and sink responses of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) to elevated temperatures. *Plant, Cell & Environment* 41(8): 1800-1814.
20. Katebi Benisi, S., M. Baghi and A. Roozbahany. 2018. Effect of integrating nitrogenous fertilizers Nitroksin and vermicompost on yield and yield components of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Damavand region. *Journal of Plant Ecophysiology* 35: 63-72. (In Farsi).
21. Kaur, L., N. Singh and N. Sing Sodhi. 2002. Some properties of potatoes and their starches II. Morphological, thermal and rheological properties of starches. *Food Chemistry* 79: 183-192.
22. Kleniewska, M., Z. Małyszek and A. Michalski. 2022. Effect of soil type and application of ecological fertilizer composed of ash from biomass combustion on selected physicochemical, thermal, and heological properties of potato starch. *Molecules* 27(13): 4318.
23. Levy, D. and R. E. Veillux. 2007. Adaptation of potato to high temperatures and salinity. A review *American Jornal of Potato Research* 84: 487-506.
24. Lizana, X. C., A. Avila, A. Tolaba and J. P. Martinezc. 2017. Field responses of potato to increased temperature during tuberbulking: Projection for climate change scenarios, at high-yieldenvironments of Southern Chile. *Agricultural and Forest Meteorology* 239: 192-201.
25. Maralia, H., S. Nasrollahzadeh and Y. Raei. 2018. Ecophysiological response of potato cultivars to bio-fertilizer and Llimited irrigation. *Plant Production Technology Journal* 18(1): 175-188. (In Farsi).
26. Mazurrczyk, W. and B. Lis. 2002. Variation of Chemical composition of tuber potato table cultivars under deficit and excess of water. Research Division of Jadwisin. Plant Breeding and Agricultural Institute (IHAR), Annual Report. Jadwisin, Poland. 257 p.
27. Ministry of Jahad Agriculture. 2024. Agricultural Statistics Yearbook, Vol. 1: Field Crops (2023-2024). Tehran, Iran.
28. Miranda, A. M., F. Hernandez-Tenorio, F. Villalta, G. J. Vargas and A. A. Saez. 2024. Advances in the development of biofertilizers and biostimulants from microalgae. *Biology* 13:199.
29. Mohammadi, A. 2023. An overview of the role of potato in the country's food security in the 1430 horizon. *Applied Potato Science* 6(1): 13-22. (In Farsi).
30. Mokrani, K., C. Kühn and N. Tarchoun. 2023. Temperature effects on tuber production and carbohydrates partitioning in different cultivars during consecutive stages of potato (*Solanum tuberosum* L.) growth. *Scientia Horticulturae* 66: 275-299.
31. Monneveux. P. D., A. Ramirez, M. Awis Khan, R. M. Raymundo, H. Loayza and R. Quiroz. 2014. Drought and heat tolerance evaluation in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Research* 57: 225-247.
32. Naghdi, A. A., S. piri, A. Khalagi and P. Moradi. 2025. comparative analysis of biofertilizers and chemical fertilizers on yield components and nitrate accumulation in sante potato cultivar. *Journal of Human Environment and Health Promotion* 11(4): 244-252.
33. Nasiri. A, M. Yarnia, D. Hassanpanah, F. Farahvash and E. Khalilvand. 2022. Evaluation of growth and yield of *Solanum tuberosum* L. cultivars due to application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs) and chemical fertilizer in aeroponic culture system and field conditions: using exploratory factor analysis. *Scientific Journal of Crop Plant Physiology* 53(14): 101-119. (In Farsi).
34. Ningsih, R. and W. K. A. Slameto. 2021. Pengaruh cekaman high temperature seed stage for growth and yield of two varieties of potato plants (*Solanum Tuberosum* L.). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences* 5(2): 180-188.
35. Nurbaity, A., G. Christopher Uratel and J. Sauman Hamdani. 2019. Mycorrhiza enhanced protein and lipid contents of potatoes grown on inceptisol with addition of organic matter. *Journal of Tropical Soils* 24(3): 129-133.
36. Nurbaity, A., J. S., Hamdani and R. P. Rahayu. 2019. Effrct of arbuscular mycorrhizal fungi and different composition of growing medium on growth and production of potato seed cultivars Medians in Inceptisols Jatinangor. *Earth and Environmental Science* 393.
37. Obidiegwu, J. E., G. J. Bryan, H. G. Jones and A. Prashar. 2015. Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario – A current overview. *Frontiers in Plant Science* 6: 563.
38. Panahian Kivi, M., Y. Raei, D. Hasan Panah and S. Alipoor. 2020. Effect of minituber inoculation with plant growth-promoting bacteria on growth and tuber yield of different potato cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology* 12(40): 225-238. (In Farsi).
39. Parvizi, Kh., J. Souri and R. Mahmoudi. 2011. Effect of planting date on total and marketable yield of potato cultivars in Hamedan. *Iranian Journal of Horticultural Science* 42(1): 82-93. (In Farsi).
40. Patel, A. 2021. Study on the effect of organic manures and biofertilizers on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *The Pharma Innovation Journal* 11(2): 507-511.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]

41. Pycia, K., E. Szpunar-Krok, M. Szostek, A. Gryszkin, R. Pawlak and L. Juszczak. 2022a. Effect of Soil Type and Application of Ecological Fertilizer Composed of Ash from Biomass Combustion on Selected Physicochemical, Thermal, and Rheological Properties of Potato Starch. *Molecules* 27(13), 4318.
42. Pycia, K., E. Szpunar-Krok, A. Gryszkin and L. Juszczak. 2026. The effect of foliar application of biostimulants/ fertilizers in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivation on selected physicochemical, thermal and rheological properties of starch. *Applied Sciences* 16(4322): 1-18.
43. Ramanath, B. 2015. Varying amylose and total starch content in potato tubers derived from Finland and Sweden. MSc Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsal.
44. Ramazan, A. M. and Y. Khaled. 2020. Effect of bio-fertilizer and foliar spray of celenium of growth, yield and quality of potato plants. *Academic Journal of Life Sciences* 6(1): 1-7.
45. Rezaei, R. and Z. Azami Sardouei. 2015. Mechanism of action of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). In In: Proceeding of 1th Annual Conference of Iranian Agricultural Research. Shiraz, Iran
46. Sarikhani, M. R. and N. Aliasgharzad. 2012. Comparative Effects of two Arbuscular Mycorrhizal fungi and K fertilizer on tuber starch and potassium uptake by Potato *(Solanum Tuberosum* L.). *Internatial Journal of Agriculture: Research and Review* 2(3): 125-134.
47. Sing, N., J. Sing, L. Kaur, N. S. Sodhi and B. S. Gill. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry* 81: 219- 231.
48. Sivasakthi, S., G. Usharani and P. Saranraj. 2014. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria- *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis:* A review. *African Journal of Agricultural Research* 9(16): 1265-1277.
49. Smith, N. R. 1975. Specific Gravity Potato Processing. The AVI Publishing Comp. Inc.
50. Storey, R. M. J. and H. V. Davies. 1992. Tuber quality. pp 507-569, In P. M. Harris (ed.), The Potato Crop. The Scientific Basis for Improvemen. Chapman & Hall, London.
51. Yousef, A. F., A. M. Ali, M. A. Azab, S. F. Lamlom and H. M. Al- Sayed. 2023. Improved plant yield of potato through exogenously applied potassium fertilizer sources and biofertilizer. *Plant Production Department* 13: 124.
52. Zelalem, A., T. Tekalign and D. Nigussie. 2009. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Berhan, in the central highlands of Ethiopia. *African Journal of Plant Science* 3(2): 16-24.
53. Zhang, W. 2018. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. *International Journal Of Biological Macromolecules* 117: 467-472.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.209121]