"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و هفتم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر روش‌های مصرف کود و آبیاری بر شاخص‌های رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در دشت دهگلان استان کردستان

Effect of fertilizer application methods and irrigation on growth indices and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Dehgolan plain in Kurdistan province, Iran

بهنام رضائی[۱]، فرزاد حسین‌پناهی[۲] و عادل سی‌وسه مرده[۳]

چکیده

رضائی، ب.، ف. حسین‌پناهی و ع. سی‌وسه مرده. ۱۴۰۴. اثر روش‌های مصرف کود و آبیاری بر شاخص‌های رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در دشت دهگلان استان کردستان. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۷ (۱): ۱۲۸ -۱۱۰.**

سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان است که در شرایط مختلف اقلیمی مختلف قابل کشت بوده و علاوه بر تامین امنیت غذایی، نقش مهمی در معیشت کشاورزان دارد. در زراعت سیب‌زمینی مصرف بهینه کود و آب از عوامل موثر در افزایش عملکرد محسوب می‌شوند. آزمایش حاضر با هدف ارزیابی اثر تیمارهای کودی و آبیاری بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی رقم جلی طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در شهرستان دهگلان استان کردستان انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه ، ۲- کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک، ۳- کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی، ۴- کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، ۵- کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، ۶- کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ۷- کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ۸- کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه ، ۹- کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای کوددهی و آبیاری اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و عملکرد غده سیب زمینی داشتند. بیشترین مقدار ماده خشک در هر دو سال (به‌ترتیب ۱۴۳۵/۷ و ۱۸۱۰ گرم بر متر مربع) مربوط به تیمار نهم (کود دهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد+کود مرغی) بود. در این تیمار بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۷/۲۷) در سال دوم و بیشترین سرعت رشد گیاه (۲۹/۵۹ گرم بر مترمربع در روز) در سال اول به‌دست آمد. در سال اول بیشترین مقدار عملکرد غده (۳۷ تن در هکتار) مربوط به تیمار هفتم (کود دهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود و در سال دوم تیمار نهم با حدود ۵۰ تن در هکتار، بیشترین مقدار عملکرد غده را داشت. کمترین مقدار عملکرد غده در هر دو سال (به‌ترتیب ۲۴ و ۳۷ تن در هکتار) مربوط به تیمار شیوه کوددهی رایج منطقه بود. نتایج نشان داد که افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی با کمک به افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه، باعث بهبود عملکرد غده سیب‌زمینی شد. بر این اساس می‌توان از برنامه جامع مدیریت کودی و آبیاری برای بهبود رشد و بهره‌وری تولید سیب‌زمینی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد گیاه، سیب‌زمینی، شاخص سطح برگ، عملکرد غده و ماده خشک کل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران (مکاتبه کننده، ✉ f.hosseinpanahi@uok.ac.ir)
۳- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

Effect of fertilizer application methods and irrigation on growth indices and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Dehgolan plain in Kurdistan province, Iran

Rezaie, B.[1], Hosseinpanahi, F.[2] and Siosemardeh, A.[3]

ABSTRACT

Rezaie, B., Hosseinpanahi, F. and Siosemardeh, A. 2025. Effect of fertilizer application methods and irrigation on growth indices and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Dehgolan plain in Kurdistan rovince, Iran**. Iranian Journal of Crop Sciences. 27(1): 110-128. (In Persian).**

Introduction: Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most important food crops worldwide, and grown in diverse ecological conditions. The crop plays a vital role in food security and significantly contributes to farmers' economic well-being. Optimal management of nutrient resources and water is a key factor in enhancing potato tuber yield. While several studies have investigated the effects of individual nutrients and irrigation regimes on potato growth and tuber yield, comprehensive management strategies of integrating both factors have received less attention. This study aimed to evaluate the effects of different nutrient and water management packages on growth indices, tuber yield, and yield components of potatoes in the Dehgolan plain in Kurdistan province in Iran.

Materials and Methods: The experiment was carried out over two growing seasons (2021 and 2022) in Dehgolan plain in Kurdistan province in Iran, using a randomized complete block design with nine treatments and four replications. The treatments consisted of: T1- Conventional management, T2- NPK fertilization based on soil test, T3- NPK fertilization based on soil test + chicken manure, t4- Conventional management+500 kg.ha^{-1} sulfur, T5- Conventional management+1000 kg.ha^{-1} sulfur, T6- NPK Fertilization based on soil test + irrigation at 80% FC, T7- conventional management + irrigation at 80% FC, T8- NPK Fertilizing based on soil test + chicken manure + irrigation at 80% FC, T9- NPK Fertilizing based on soil test + chicken manure + irrigation at 80% FC+ 1000 kg.ha^{-1} sulfur. Each experimental plot area was 25 m² and included six planting rows. The distance between plots was one meter, and the distance between replications was two meters. During the growing season, key growth parameters, including leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), dry matter accumulation, tuber yield, and yield components, were measured and recorded.

Results: The results indicated that management packages significantly affected potato growth and tuber yield. The highest dry matter accumulation was recorded in treatment T9 in both growing seasons (1435.69 g.m^{-2} in 2021 and 1810 g.m^{-2} in 2022). Treatments T7 and T8 ranked second and third in both years. Leaf area index (LAI) was also influenced by management packages. In 2021, the highest LAI (4.45) was observed in treatment T7, whereas in 2022, the maximum LAI (7.27) was recorded in treatment T9. Similarly, the highest crop growth rate (CGR) in 2021 was observed in treatment T9 (29.59 g.m-^{2}day^{-1}). In 2022, due to earlier planting, the growth rate increased, with treatment T3 showing the highest CGR (29.99 g.m^{-2}.day). The highest tuber yield in 2021 was obtained in treatment T7 (36.7 t.ha^{-1}), while in 2022, treatment T9 had the maximum tuber yield (49.87 t.ha^{-1}). The lowest tuber yield in both growing season were observed in treatment T1 (conventional management package in the region), with 23.67 t.ha^{-1} in 2021 and 37.11 t.ha^{-1} in 2022. The lower yield in 2021 compared to 2022 was primarily due to a sudden temperature drop in early October 2021.

Conclusion: The findings of this experiment demonstrated that appropriate nutrient and water management packages significantly affected potato growth, tuber yield. Treatments with a combination of adequate nutrient and water application exhibited the highest LAI, CGR, and tuber yield. Therefore, application of such packages can be recommended as an effective management approach to improve potato production in the Dehgolan plain in Kurdistan province in Iran.

Key words: Crop growth rate, Leaf area index, Potato, Total dry matter and Tuber yield

Received: April, 2025 **Accepted**: **September, 2025**

1. PhD Student, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2. Associate Prof., University of Kurdistan, Sanandaj, Iran (Corresponding author, ✉ f.hosseinpanahi@uok.ac.ir)

3. Professor, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum toberosum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که در شرایط مختلف اقلیمی جهان کشت می‌شود. از مهم‌ترین دلایل اهمیت سیب‌زمینی نقش کلیدی آن در تامین غذای جمعیت روبه‌رشد جهان و منبع درآمد کشاورزان می‌باشد. به‌علاوه از سیب‌زمینی به عنوان محصولی جهت حفظ امنیت غذایی و مقابله با اثرات افزایش قیمت غذا در کشورهای کم درآمد نام برده می‌شود (Devaux *et al.*, 2020; Zelelew *et al.*, 2016). در سال ۱۴۰۲ (۲۰۲۳ میلادی) سیب‌زمینی با تولید ۳۸۳ میلیون تن و سطح زیر کشت ۱۶/۸ میلیون هکتار، جایگاه بسیار مهمی را در کشاورزی جهان داشته است. سیب‌زمینی از نظر مقدار تولید پس از ذرت، گندم و برنج در مقام چهارم قرار دارد (FAO, 2023). ایران از نظر مقدار تولید سیب‌زمینی در میان کشورهای جهان در رتبه دوازدهم و در میان کشورهای آسیایی پس از چین و هند در رتبه سوم قرار دارد. در سال زراعی ۱۴۰۲- ۱۴۰۱، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران ۱۴۲ هزار هکتار، مقدار کل تولید حدود ۵/۲ میلیون تن و میانگین عملکرد آن ۳۷ تن در هکتار بوده است. استان کردستان با ۹۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت سیب‌زمینی از نظر مقدار تولید (حدود ۳۵۷ هزار تن) در رتبه ششم و از نظر عملکرد در واحد سطح (۴۰ تن در هکتار) در رتبه چهارم کشور قرار دارد. عمده سطح زیر کشت سیب‌زمینی در استان کردستان، مربوط به دشت قروه و دهگلان است (Anonymous, 2023).

با توجه به پیش‌بینی رشد جمعیت جهان و آثار منفی تغییرات اقلیمی بر عملکرد گیاهان زراعی در برخی از مناطق، نگرانی‌ها درباره امنیت غذایی و گسترش فقر و گرسنگی جهانی افزایش یافته است. در این شرایط، افزایش تولید محصولات کشاورزی، به‌ویژه گیاهان زراعی، ضرورت اساسی دارد. این افزایش می‌تواند از طریق افزایش سطح زیرکشت یا افزایش عملکرد در واحد سطح تحقق یابد. با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی گسترش سطح زیرکشت، مانند افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و فرسایش خاک، تمرکز بر افزایش عملکرد در واحد سطح، راهکار پایدارتری محسوب می‌شود (Svubure *et al.*, 2015; Van Ittersum *et al.*, 2013).

دستیابی به عملکرد مطلوب، با انتخاب راهبردهای مناسب مدیریتی و کاهش اثر عوامل محیطی محدود کننده امکان‌پذیر است. تامین آب مورد نیاز و مدیریت دقیق عناصر غذایی، همراه با انتخاب رقم مناسب و حفاظت گیاه، از عوامل کلیدی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شوند (Koch *et al.*, 2019). کمبود آب و عدم تعادل تغذیه‌ای از مهم‌ترین عوامل محدودکننده هستند که با مدیریت آن‌ها می‌توان عملکرد گیاهان زراعی را به‌طور قابل توجهی افزایش داد (Liu *et al.*, 2018; Mueller *et al.*, 2012). تغذیه معدنی گیاه یک فرآیند لازم برای حفظ سلامتی و افزایش باروری گیاه و یک شیوه موثر جهت رفع کمبودهای خاک و ایجاد شرایط مناسب برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد ممکن است (Ierna and Mauromicale, 2018). وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2019) چهار عامل اصلی را به‌عنوان دلایل تغییرات عملکرد سیب‌زمینی در مزارع دشت‌های شمالی چین معرفی کردند که عبارتند از ۱- حساسیت بالای گیاه سیب‌زمینی به میزان عناصر غذایی موجود در خاک و شیوه‌های مختلف کوددهی، ۲- تفاوت در محتوای رطوبت خاک مزارع، ۳- اختلاف در ظرفیت ذخیره‌ای خاک برای حفظ رطوبت و عناصر غذایی و ۴- تفاوت در ارقام سیب‌زمینی. آن‌ها گزارش کردند که در میان ویژگی‌های خاک، محتوای پتاسیم، نیتروژن، ماده آلی، رطوبت و فسفر قابل جذب خاک، به‌ترتیب بیشترین نقش را در افزایش عملکرد سیب‌زمینی دارند. فراهمی همزمان آب و عناصر غذایی در مزارع سیب‌زمینی باعث افزایش سرعت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

افزایش سطح برگ، افزایش ماده خشک، سرعت رشد روزانه و افزایش نسبت مخزن به منبع خواهد شد (Ierna and Mauromicale, 2018). نتایج آزمایش ژینگ و همکاران (Xing *et al.*, 2022) نشان داد که در انواع تیمارهای کوددهی و ارقام، افزایش آبیاری باعث افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی شد. نتایج یک آزمایش دیگر نشان داد که در تیمارهای کم آبیاری، افزایش کوددهی باعث کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی و کاهش شاخص برداشت شد. با این حال، در تیمارهای آبیاری کامل، افزایش کوددهی باعث افزایش عملکرد شد (Ierna and Mauromicale, 2018; Sadra *et al.*, 2022) این موضوع نقش حیاتی و وابسته آب و عناصر غذایی را در تعیین عملکرد غده سیب‌زمینی نشان می‌دهد. تامین آب کافی برای جذب عناصر غذایی از خاک ضروری است و مدیریت صحیح تغذیه کودی باعث افزایش توانایی گیاه در استفاده کارآمد از آب می‌شود. نتایج یک آزمایش نشان داد که افزایش مصرف کود پتاسیم تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش تعداد ساقه‌های فرعی، سطح برگ و ارتفاع بوته سیب‌زمینی شد و با افزایش مصرف تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد غده در بوته، قطر غده‌ها، وزن غده‌ها و عملکرد غده افزایش یافتند (Zelelew *et al.*, 2016). در یک آزمایش دیگر، اثر سطوح کودهای فسفر و پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و طول دوره رشد سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که برهمکنش کودهای فسفر و پتاسیم باعث تاخیر معنی‌دار در زمان گلدهی و رسیدگی سیب‌زمینی شد. اثر مستقل هر یک از این کودها نیز بر تعداد ساقه‌های فرعی و تعداد غده در بوته نیز معنی‌دار بود. با افزایش مصرف کود فسفر و کود پتاسیم، تعداد ساقه‌ها در واحد سطح افزایش یافتند (Misgina, 2016). بر اساس گزارش نورمانوف و همکاران (Nurmanov *et al.*, 2019)، در گیاه سیب‌زمینی بیشترین جذب نیتروژن در مرحله نخست رشد رویشی گیاه صورت می‌گیرد. تأمین مناسب نیتروژن در این مرحله باعث تسریع در تشکیل اندام‌های رویشی، افزایش سرعت فتوسنتز و افزایش بهره‌وری گیاه در استفاده از رطوبت خاک می‌شود. در مقابل، کمبود نیتروژن باعث محدود شدن رشد بوته و کاهش عملکرد و افت کیفیت غده‌ها می‌شود. از سوی دیگر، مصرف بیش از حد نیتروژن باعث رشد رویشی بیش از حد، تاخیر در غده‌زایی و کاهش تحمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. سیب‌زمینی نسبت به سایر گیاهان زراعی نیاز بیشتری به فسفر دارد. فسفر در فرآیندهای مختلف متابولیسمی گیاه نقش داشته و مهم‌ترین نقش آن نقل و انتقال انرژی سلولی است. فسفر اثر چشم‌گیری در تشکیل غده‌ها و رسیدگی آن‌ها دارد. بیشترین مقدار جذب فسفر در ۴۰ تا ۶۰ روز پس از جوانه‌زنی صورت گرفته و برخلاف نیتروژن، بعد از پر شدن غده‌ها و در مرحله رسیدگی نیز به مقدار قابل توجهی جذب می‌شود (Koch *et al.*, 2020). یکی دیگر از عناصر اصلی ضروری برای رشد سیب‌زمینی گوگرد است. گوگرد در ساختار برخی از اسیدهای آمینه مانند متیونین و سیستئین دخیل است و باعث کاهش ابتلای گیاه به بیماری‌ها از جمله اسکب می‌شود (Koch *et al.*, 2020; De Kok *et al.*, 2005; Galili and Amir, 2013). گوگرد در تنظیم ساخت قند، نشاسته و همی‌سلولز موثر است. با توجه به اینکه خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک از آنیون سولفات غنی هستند، جنبه تغذیه‌ای گوگرد چندان مورد نظر نمی‌باشد و مصرف آن بیشتر به دلیل تاثیر موضعی آن بر pH خاک است. گوگرد با کاهش موضعی pH خاک باعث اصلاح خاک، بهبود جذب عناصر ریز مغذی و افزایش کارایی کودهای مصرفی می‌شود (Basirat and Motallebifard, 2016). تعادل عناصر غذایی نقش به مراتب مهم‌تری نسبت به فراهمی عناصر غذایی در تعیین عملکرد گیاهان زراعی دارد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

(Koch *et al.*, 2019). در ایران تحقیقات زیادی به منظور بررسی اثر سطوح عناصر غذایی به صورت تک عنصر، ترکیب دو عنصر و یا برهمکنش تیمارهای آبیاری به همراه یکی از عناصر غذایی بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی انجام شده است، اما تاکنون برنامه‌های جامع مدیریتی که شامل مدیریت توام آب و عناصر غذایی باشد مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف این آزمایش ارزیابی اثر تیمارهای مدیریت عناصر غذایی و آبیاری بر شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی در دشت دهگلان استان کردستان بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی شماره ۲ دانشگاه کردستان واقع در دشت دهگلان با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا اجرا شد. میانگین سالانه بارندگی منطقه ۳۵۰ میلی‌متر و بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه اقلیم آن نیمه خشک محسوب می‌شود. دشت دهگلان با وسعت ۲۵۸۷ کیلومتر مربع (۲۵۸۷۰۰ هکتار) در موقعیت جغرافیایی۳۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی در بخش شرقی استان کردستان واقع شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار شامل روش‌های مصرف کود و آبیاری در چهار تکرار انجام شد. مساحت کرت‌های آزمایشی ۲۵ مترمربع (۵×۵) و هرکرت شامل شش ردیف کاشت با فاصله ۷۵ سانتیمتر بود. فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتیمتر بود. فاصله بین کرت‌ها در هر تکرار یک متر و فاصله بین تکرارها نیز دو متر در نظر گرفته شد. غده‌های بذری سیب‌زمینی رقم جلی با استفاده از دستگاه غده‌کار نیمه اتوماتیک سبز دشت با تراکم ۵۳۰۰۰ بوته در هکتار به‌ترتیب در تاریخ‌های چهارم تیر و ۲۸ خرداد در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ کاشته شدند. عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد از منابع کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و گوگرد بنتونیت‌دار تامین شدند. در کلیه تیمارها کودهای فسفر، پتاسیم، گوگرد و کود مرغی قبل از کاشت و کود نیتروژن پس از سبز شدن گیاه و در زمان خاکدهی پای بوته اعمال شدند. خاکدهی پای بوته یک بار و در مراحل ابتدایی رشد گیاه انجام شد و کل کود نیتروژن مورد نیاز در هر کرت نیز به طور کامل در این مرحله به خاک داده شد. ویژگی‌های خاک مزرعه محل اجرای آزمایش در جدول ۱، تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ و اطلاعات هواشناسی طول فصل رشد در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the experiment site (2021 and 2022)

Soil properties	ویژگی‌های خاک	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022
Clay (%)	رس	46.1	54.1
Silt (%)	سیلت	35.8	36.1
Sand (%)	شن	18.0	9.6
Soil texture	بافت	Clay رسی	Clay رسی
pH	اسیدیته	7.8	7.9
EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	0.769	0.637
TNV (%)	مواد خنثی شونده	30.2	29
Organic carbon (%)	کربن آلی	0.26	0.8
N (%)	نیتروژن	0.03	0.08
P ($mg.kg^{-1}$)	فسفر	6.1	7.0
K ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم	290	680
Bulk density ($g.cm^{-3}$)	وزن مخصوص ظاهری	1.3	1.3

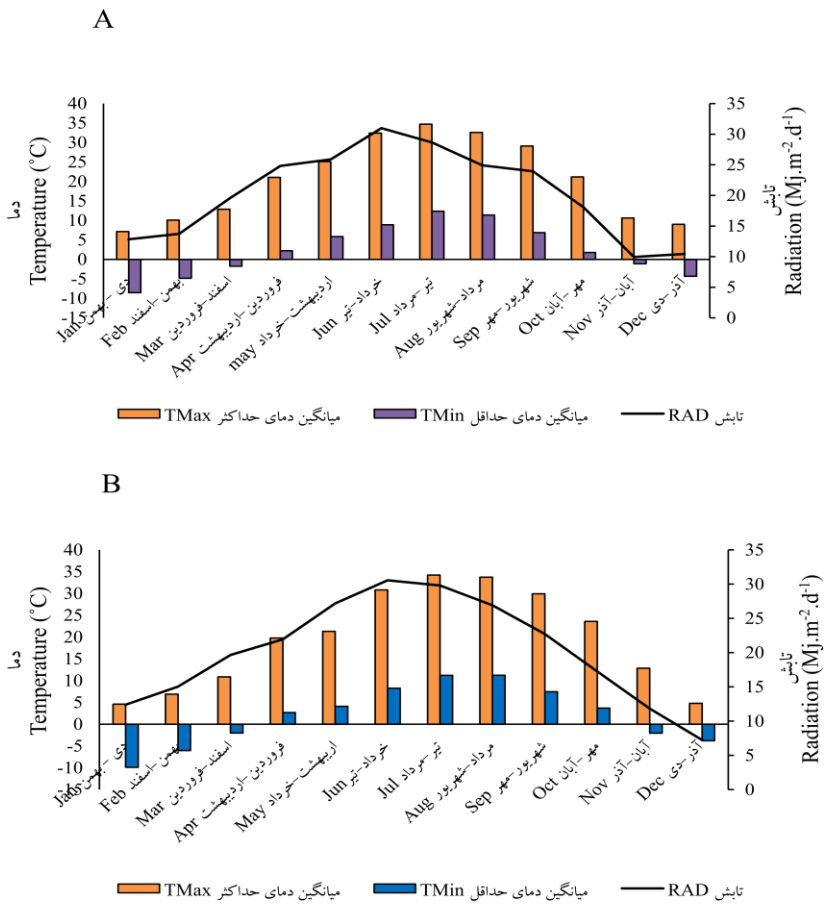
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

جدول ۲- تیمارهای آزمایشی کود و آبیاری (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)

Table 2. Fertilizer and irrigation treatments (2021 and 2022)

تیمارهای آزمایشی Treatments	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022
کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه Common management (CM); T_1	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure; 8000 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure; 8000 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک NPK fertilizer application based on soil test result (ST); T_2	اوره: ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۳۳۰، سولفات پتاسیم: ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 400, Triple superphosphate; 330, Potassium sulfate; 170 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۹۵، سوپرفسفات تریپل: ۳۲۵، سولفات پتاسیم: صفر کیلوگرم در هکتار Urea; 400, Triple superphosphate; 330, Potassium sulfate; 0 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی NPK fertilizer application based on soil test result + chicken manure (ST+M); T_3	اوره: ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۳۳۰، سولفات پتاسیم: ۱۷۰، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 400, Triple superphosphate; 330, Potassium sulfate; 170, chicken manure: 8000 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۹۵، سوپرفسفات تریپل: ۳۲۵، سولفات پتاسیم: صفر، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 395, Triple superphosphate; 325, Potassium sulfate; 0, chicken manure: 8000 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد Common management + 500 kg.ha^{-1} sulfur (CM+S_{500}); T_4	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰، گوگرد: ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure; 8000, sulfur; 500 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰، گوگرد: ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure; 8000, sulfur; 500 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد Common management + 1000 kg.ha^{-1} sulfur (CM+S_{1000}); T_5	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰، گوگرد: ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure: 8000, sulfur: 1000 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم، گوگرد: ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure: 8000, sulfur: 1000 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه NPK Fertilizer application based on soil test result + irrigation at 80% FC (ST+W); T_6	اوره: ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۳۳۰، سولفات پتاسیم: ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 400, Triple superphosphate; 330, Potassium sulfate; 170 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۹۵، سوپرفسفات تریپل: ۳۲۵، سولفات پتاسیم: صفر کیلوگرم در هکتار Urea; 395, Triple superphosphate; 325, Potassium sulfate; 0 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه Common management + irrigation at 80% FC (CM+W); T_7	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure: 8000 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 350, Triple superphosphate; 70, Potassium sulfate; 100, chicken manure: 8000 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی +آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC (ST+M+W); T_8	اوره: ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۳۳۰، سولفات پتاسیم: ۱۷۰، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 400, Triple superphosphate; 330, Potassium sulfate; 170, chicken manure: 8000 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۹۵، سوپرفسفات تریپل: ۳۲۵، سولفات پتاسیم: صفر، کود مرغی: ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 395, Triple superphosphate; 325, Potassium sulfate; 0, chicken manure: 8000 kg.ha^{-1}
کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC + 1000 kg.ha^{-1} sulfur (ST+M+W+S_{1000}); T_9	اوره: ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۳۳۰، سولفات پتاسیم: ۱۷۰، کود مرغی: ۸۰۰۰، گوگرد: ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 400, Triple superphosphate; 330, Potassium sulfate; 170, chicken manure; 8000, sulfur; 1000 kg.ha^{-1}	اوره: ۳۹۵، سوپرفسفات تریپل: ۳۲۵، سولفات پتاسیم: صفر، کود مرغی: ۸۰۰۰، گوگرد: ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار Urea; 400, Triple superphosphate; 330, Potassium sulfate; 170, chicken manure; 8000, sulfur; 1000 kg.ha^{-1}

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]



شکل ۱- میانگین کمینه و بیشینه دما و تابش محل اجرای آزمایش، دهگلان، ۱۴۰۰ (a) و ۱۴۰۱ (b)

Fig. 1. The average of monthly minimum and maximum temperature and solar radiation at the experiment site; Dehgolan, 2021 (a) and 2022 (b)

آبیاری به‌صورت معمول و با فاصله زمانی هفت روز انجام شد. با توجه به اینکه گیاه سیب‌زمینی پس از شروع غده‌دهی در رطوبت کمتر از ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه دچار تنش می‌شود، در تیمارهای ۶ تا ۹ علاوه بر آبیاری معمول، یک نوبت آبیاری اضافی نیز در شرایط کاهش ۲۰ درصدی (۲± درصد به دلیل تغییرات جوی در طول فصل رشد) رطوبت خاک نسبت به ظرفیت مزرعه که قبل از کاشت محاسبه شده بود انجام شد. هدف از این آبیاری، جبران رطوبت از دست‌رفته و رساندن رطوبت خاک به سطح ظرفیت مزرعه بود. برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز، پس از هر نوبت آبیاری میزان تبخیر و تعرق روزانه از سطح خاک مزرعه به روش پنمن—مونتیث (Allen *et al.*, 1998) اندازه‌گیری شد. تبخیر و تعرق روزانه به‌صورت تجمعی محاسبه شده و میزان تخلیه ۲۰ درصد رطوبت خاک تخمین زده شد. آب آبیاری با استفاده از نوارهای آبیاری قطره‌ای به کرت‌های مورد نظر هدایت گردید و مقدار آن با استفاده از یک کنتور حجمی که در ابتدای سامانه آبیاری نصب شده بود، اندازه‌گیری شد.

به منظور تجزیه شاخص‌های رشد، ۳۰ روز پس از

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

کاشت (مرحله ۱۵ بر اساس کد BBCH) نمونه‌برداری از اندام‌های هوایی بوته‌های سیب‌زمینی آغاز و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، هر ۱۵ روز یک بار ادامه یافت. در هر نمونه‌برداری از هر کرت دو بوته برداشت و اندام‌های آنها شامل برگ، ساقه و غده (پس از آغاز تشکیل غده) تفکیک و وزن خشک آنها پس از خشکاندن به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، شاخص سطح برگ محاسبه شد. برای محاسبه تغییرات روزانه ماده خشک کل (TDM)، شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت رشد گیاه (CGR) از استفاده از نرم افزار SlideWrite V 7.01 استفاده شده و روابط رگرسیونی مربوطه برازش داده شدند (رابطه‌های ۱ و ۲ و ۳) (Hosseinpanahi *et al.*, 2012).

$$TDM = \frac{a}{(1+b*\exp^{(-c*t)})} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

a حداکثر ماده خشک، b نقطه عطف منحنی از مرحله نمایی به مرحله خطی و c سرعت رشد نسبی هستند.

$$LAI = \frac{a+b*4*\exp^{(\frac{-(t-c)}{d})}}{(1+\exp^{(\frac{-(t-c)}{d})})^2} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

A عرض از مبداء، b حداکثر مقدار شاخص سطح برگ برآورد شده، c زمان رسیدن به حداکثر مقدار شاخص سطح برگ و d نقطه عطف منحنی از مرحله نمایی به مرحله خطی هستند.

$$CGR = \frac{a*b*c*\exp^{(-c*t)}}{(1+b*\exp^{(-c*t)})^2} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

ضرایب رابطه ۳ همانند ضرایب رابطه ۱ هستند. CGR مشتق معادله سیگموئیدی تجمع ماده خشک بوده و به صورت معکوس از انتگرال رابطه ۳، رابطه ۱ به‌دست می‌آید.

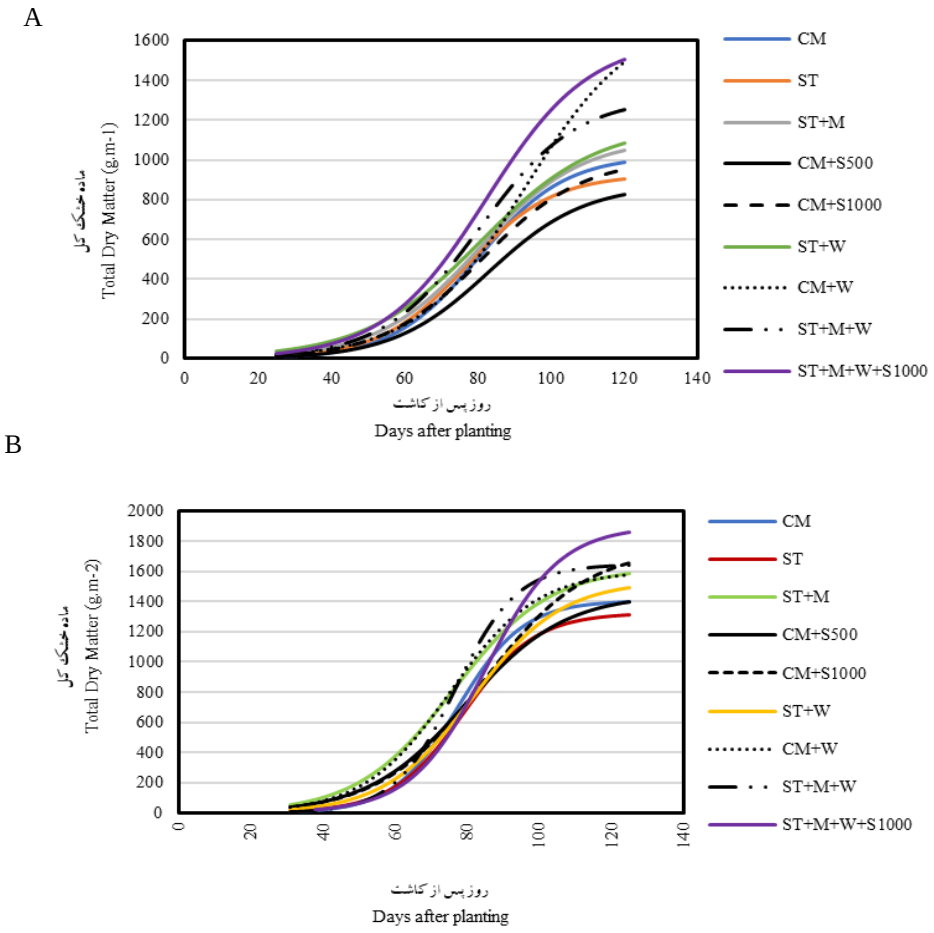
برداشت محصول پس از حذف بوته‌های دو ردیف ابتدایی و انتهایی کرت‌ها از مساحت ۷/۵ مترمربع به‌صورت دستی در تاریخ‌های ۱۶ مهر ۱۴۰۰ و ۲۵ مهر ۱۴۰۱ و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. این مرحله با زرد و خشک شدن برگ‌های پایینی، زرد شدن قسمت پایینی ساقه، توقف رشد غده‌ها و افزایش ضخامت پوست آن‌ها مشخص می‌شود. اندام‌های هوایی و غده‌های برداشت شده از هر کرت به‌طور جداگانه جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. غده‌های با وزن کمتر از ۸۰ گرم، ۱۵۰-۸۰ گرم و بیشتر از ۱۵۰ گرم تفکیک و توزین شده و مجموع وزن آنها به عنوان عملکرد کرت در نظر گرفته شد. عملکرد زیستی با توزین وزن تر اندام‌های هوایی هر کرت و خشکاندن آنها به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، محاسبه شد. شاخص برداشت با تقسیم عملکرد غده به عملکرد زیستی محاسبه شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9.4 انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excell 2019 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تجمع ماده خشک الگوی سیگموئیدی سه مرحله‌ای؛ شامل رشد کند اولیه (مرحله ۱)، رشد خطی با سرعت ثابت (مرحله ۲) و مرحله اشباعی تا تثبیت وزن خشک در پایان (مرحله ۳) بود (شکل ۲). تجمع ماده خشک در مرحله ۱ به کندی صورت گرفت و در هر دو سال و در کلیه تیمارها تا حدود ۵۰ روز پس از کاشت ادامه یافت. مرحله دوم این در سال اول از روز ۵۰ تا حدود ۸۰ روز پس از کاشت و در سال دوم تا حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت به صورت خطی به طول انجامید. پس از روز هشتادم در سال اول و روز صدم در سال دوم، روند افزایش تجمع ماده خشک کند شده و تا زمان برداشت نسبتا ثابت شد. بیشترین مقدار ماده خشک (۱۴۳۶ گرم در مترمربع) در سال اول در تیمار نهم بدست آمد و تیمارهای هفتم و هشتم به ترتیب با ۱۳۱۸ و ۱۲۸۸ گرم بر متر مربع، در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). در سال دوم نیز بیشترین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

میزان ماده خشک (۱۸۱۰ گرم در متر مربع) در تیمار نهم حاصل شد و تیمارهای هشتم و هفتم به‌ترتیب با تجمع ۱۶۱۲ و ۱۵۸۸ گرم در متر مربع در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۳). بالا بودن میزان ماده خشک در تیمارهای هفتم و هشتم و نهم به دلیل فراهمی توام آب و عناصر غذایی بود. در تیمار هفتم با وجود این‌که مصرف عناصر غذایی بر اساس نتایج آزمون خاک نبوده و مقدار آنها پایین‌تر از حد نیاز گیاه بود، اما در هر دو سال آزمایش جزء سه تیمار برتر از لحاظ ماده خشک قرار داشت. دلیل این موضوع می‌تواند آبیاری و فراهمی آب در طول دوره رشد گیاه و جلوگیری از بروز تنش خشکی باشد. در گیاهان حساس به کم‌آبی مانند سیب‌زمینی فراهمی آب آبیاری، اثر قابل ملاحظه‌ای در افزایش عملکرد آن دارد. اهمیت این موضوع در سایر آزمایش‌ها نیز گزارش شده است (Wang *et al.*, 2019, Qin *et al.*, 2014).



شکل ۲- روند تجمع ماده خشک سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری، ۱۴۰۰ (a) و ۱۴۰۱ (b)

Fig. 2. Total dry matter accumulation of potato in fertilizer and irrigation treatments, 2021 (a) and 2022 (b)

CM: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه، ST: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک، ST+M: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی، $CM+S_{500}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۵۰۰، $CM+S_{1000}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، ST+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، CM+W: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، $ST+M+W+S_{1000}$: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+ +۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد

CM; Common management, ST; NPK fertilizer application based on soil test result, ST+M; NPK fertilizer application based on soil test result + chicken manure, $CM+S_{500}$; Common management + 500 kg.ha^{-1} sulfur, $CM+S_{1000}$; Common management + 1000 kg.ha^{-1} sulfur, ST+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + irrigation at 80% FC, CM+W; Common management + irrigation at 80% FC, ST+M+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC, $ST+M+W+S_{1000}$; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC+1000 kg.ha^{-1} sulfur

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

بر اساس نتایج، روند شاخص سطح برگ سیب‌زمینی به‌صورت منحنی لجستیک-پیک بود. پس از سبز شدن گیاه در حدود ۲۰ روز پس از کاشت، شاخص سطح برگ به کندی شروع به افزایش کرده و با افزایش تولید ماده خشک و تخصیص بخشی از آن به توسعه برگ‌ها، سرعت افزایش شاخص سطح برگ تا زمان بسته شدن پوشش گیاهی روند خطی داشت تا به حداکثر مقدار خود در زمان ۸۱ تا ۸۷ روز پس از کاشت، بسته به تیمار در سال اول و ۹۰ تا ۹۲ روز پس از کاشت در سال دوم، رسید (ضریب c، جدول‌های ۵ و ۶). این زمان تقریبا مصادف با اوسط حجیم شدن غده‌ها یا مرحله ۵۵-۵۳ بر اساس کد بندی BBCH می‌باشد. اگرچه تیمارهای آزمایشی از نظر بیشینه شاخص سطح برگ با هم تفاوت معنی‌داری داشتند، اما زمان وقوع آن در کلیه تیمارها تقریبا برابر بود (شکل ۳). در سال اول بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۴/۴۵) مربوط به تیمار هفتم بود و تیمارهای هشتم و نهم به ترتیب با شاخص سطح برگ ۴/۲۹ و ۴/۲ در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۴). در سال دوم آزمایش بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۷/۲۷) مربوط به تیمار نهم بود و تیمارهای هفتم و هشتم به ترتیب با ۷/۱۷ و ۶/۹۷ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تیمارهای کودی و آبیاری می‌توانند عملکرد گیاه را از طریق افزایش شاخص سطح برگ ارتقا دهند. در آزمایش ونگ و همکاران (Wang *et al.*, 2019) نشان داده شد که در تیمارهای کودی و تعداد دفعات آبیاری، بیشترین مقدار شاخص سطح برگ مربوط به تیمارهای کوددهی حداکثر بود. نتایج یک آزمایش نیز نشان داد که شاخص سطح برگ با کاهش مقدار آب آبیاری به طور معنی‌داری کاهش یافت (Qin *et al.* 2014).

نتایج نشان داد که سرعت رشد گیاه تقریبا منطبق بر روند تغییرات شاخص سطح برگ بود. بیشترین میزان سرعت رشد گیاه (۲۹/۵۹ گرم بر مترمربع در روز) در سال ۱۴۰۰ در تیمار نهم بدست آمد و بعد از آن تیمارهای هفتم و هشتم به ترتیب با ۲۹/۵۴ و ۲۸/۲۵ گرم بر مترمربع در روز قرار داشتند (شکل ۴ و جدول ۵). در سال ۱۴۰۱ با توجه به اینکه کاشت در حدود هفت روز زودتر از سال ۱۴۰۰ انجام شده و رشد گیاه سریع‌تر آغاز شد، شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه بالاتر بود. درسال ۱۴۰۱ بیشترین میزان سرعت رشد روزانه مربوط به تیمار سوم بود و تیمار هشتم در رتبه دوم قرار داشت. حداکثر سرعت رشد گیاه در این تیمارها به‌ترتیب ۲۹/۹۹ و ۲۹/۴۹ گرم بر مترمربع در روز بود. تیمار نهم نیز با حداکثر سرعت رشد گیاه (۲۸/۲۵ گرم بر مترمربع در روز) در رتبه سوم قرار داشت (جدول ۵). نتایج نشان داد که بیشترین میزان سرعت رشد گیاه مربوط به تیمارهایی بود که مصرف کود در آنها بر اساس آزمون خاک انجام شده و آبیاری در ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه انجام شده بود. این موضوع نشان دهنده اهمیت مدیریت عناصر غذایی و آب در سرعت رشد سیب‌زمینی می‌باشد. نتایج آزمایش کامرگو و همکاران (Camargo *et al.*, 2015) نشان داد که آبیاری کامل و زمان‌بندی صحیح آن باعث افزایش سرعت رشد روزانه و شاخص سطح برگ در سیب‌زمینی شد. گزارش شده است که فراهمی کامل و همزمان آب و نیتروژن باعث افزایش سرعت رشد روزانه و شاخص سطح برگ در گیاه سیب‌زمینی شد (Shrestha *et al.*, 2023).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

جدول۳- ضرایب معادله منحنی تجمع ماده خشک سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری (۱۴۰۰و ۱۴۰۱)

Table 3. Coefficients of dry matter accumulation curve equation of potato in fertilizer and irrigation treatments (2021 and 2022)

تیمارهای آزمایشی Treatments	a		b		c		R^2		حداکثر ماده خشک $TDM_{max} \pm SE$ ($g.m^{-2}$)	
	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022
CM;T_1	1025	1543	874	206	0.08	0.06	0.99	0.99	989 ± 23	1336 ± 50
ST; T_2	924	1455	701	343	0.08	0.07	0.99	0.99	782 ± 30	1419 ± 23
ST+M; T_3	1111	1700	317	248	0.07	0.07	0.99	0.99	1002 ± 10	1565 ± 26
CM+S_{500}; T_4	872	1490	557	387	0.07	0.07	0.99	0.99	914 ± 58	1503 ± 31
CM+S_{1000}; T_5	1009	1754	371	151	0.07	0.06	0.99	0.99	969 ± 37	1647 ± 39
ST+W; T_6	1178	1567	158	298	0.06	0.06	0.99	0.99	1016 ± 55	1490 ± 17
CM+W; T_7	1632	1571	511	192	0.07	0.07	0.97	0.99	1318 ± 40	1588 ± 23
ST+M+W; T_8	1461	1574	411	305	0.07	0.07	0.99	0.99	1228 ± 18	1612 ± 33
ST+M+W+S_{1000}; T_9	1609	2127	347	98	0.07	0.05	0.99	0.99	1436 ± 6	1810 ± 50

جدول ۴- ضرایب معادله منحنی شاخص سطح برگ سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)

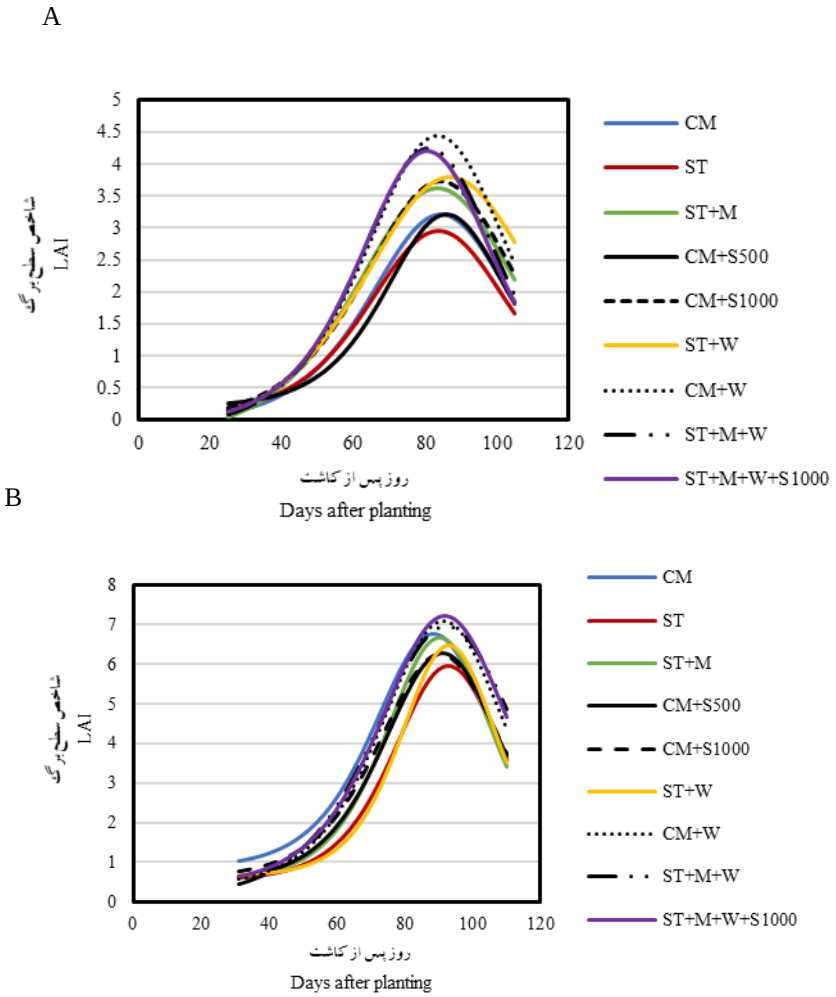
Table 4. Coefficients of leaf area index (LAI) curve equation of potato in fertilizer and irrigation treatments (2021 and 2022)

تیمارهای آزمایشی Treatments	a		b		c		d		R^2		حداکثر شاخص سطح برگ $LAI_{max} \pm SE$	
	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022	۱۴۰۰ 2021	۱۴۰۱ 2022
CM;T_1	-0.19	0.70	2.80	5.77	83	90	15.1	12.02	0.97	0.99	3.28 ± 0.12	6.50 ± 0.08
ST; T_2	0.33	0.54	3.93	5.41	84	92	13.2	10.81	0.99	0.99	2.95 ± 0.06	5.95 ± 0.08
ST+M; T_3	-0.27	0.53	2.91	6.13	83	90	15.3	10.67	0.94	0.99	4.10 ± 0.15	6.77 ± 0.18
CM+S_{500}; T_4	0.20	0.51	3.00	5.77	86	91	11.4	11.70	0.99	0.99	3.28 ± 0.15	6.29 ± 0.08
CM+S_{1000}; T_5	-0.28	0.59	3.77	5.67	84	90	14.3	12.70	0.99	0.98	3.85 ± 0.09	6.29 ± 0.11
ST+W; T_6	-0.24	0.62	4.03	5.86	87	92	16.3	9.60	0.99	0.99	3.81 ± 0.02	6.54 ± 0.14
CM+W; T_7	-0.063	0.38	4.51	6.77	83	91	13.4	12.42	0.99	0.99	4.45 ± 0.05	7.17 ± 0.31
ST+M+W; T_8	-0.14	0.08	4.39	6.88	81	92	13.0	14.28	0.98	0.99	4.29 ± 0.004	6.97 ± 0.08
ST+M+W+S_{1000}; T_9	-0.093	0.41	4.29	6.82	81	91	12.7	12.83	0.98	0.99	4.20 ± 0.06	7.27 ± 0.16

CM: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه، ST: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک، ST+M: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی، CM+S_{500}: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۵۰۰، CM+S_{1000}: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، ST+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، CM+W: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W+S_{1000}: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+ +۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد

CM; Common management, ST; NPK fertilizer application based on soil test result, ST+M; NPK fertilizer application based on soil test result + chicken manure, CM+S_{500}; Common management + 500 $kg.ha^{-1}$ sulfur, CM+S_{1000}; Common management + 1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur, ST+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + irrigation at 80% FC, CM+W; Common management + irrigation at 80% FC, ST+M+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC, ST+M+W+S_{1000}; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC+1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]



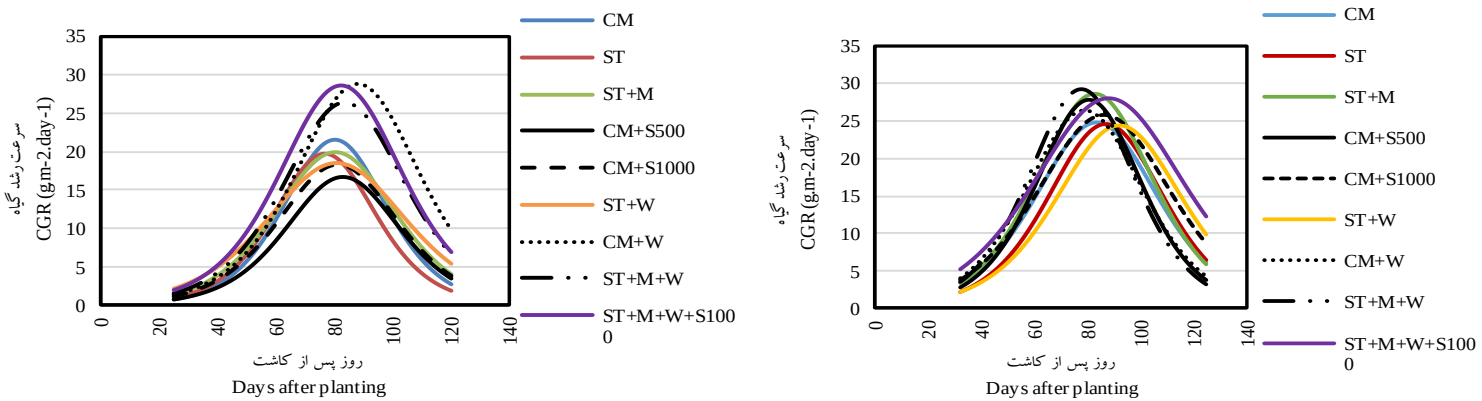
شکل ۳- روند شاخص سطح برگ سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری، ۱۴۰۰ (a) و ۱۴۰۱ (b)

Fig. 3. Leaf area index (LAI) of potato in fertilizer and irrigation treatments, 2021 (a) and 2022 (b)

CM: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه، ST: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک، ST+M: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی، $CM+S_{500}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۵۰۰، $CM+S_{1000}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، ST+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، CM+W: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، $ST+M+W+S_{1000}$: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+ +۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد

CM; Common management, ST; NPK fertilizer application based on soil test result, ST+M; NPK fertilizer application based on soil test result + chicken manure, $CM+S_{500}$; Common management + 500 kg.ha^{-1} sulfur, $CM+S_{1000}$; Common management + 1000 kg.ha^{-1} sulfur, ST+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + irrigation at 80% FC, CM+W; Common management + irrigation at 80% FC, ST+M+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC, $ST+M+W+S_{1000}$; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC+1000 kg.ha^{-1} sulfur

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]



شکل ۴- روند سرعت رشد گیاه سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری، ۱۴۰۰ (a) و ۱۴۰۱ (b)

Fig. 4. Crop growth rate (CGR) of potato in fertilizer and irrigation treatments, 2021 (a) and 2022 (b)

CM: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه، ST: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک، ST+M: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی، $CM+S_{500}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۵۰۰، $CM+S_{1000}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، ST+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، CM+W: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، $ST+M+W+S_{1000}$: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+ +۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد

CM; Common management, ST; NPK fertilizer application based on soil test result, ST+M; NPK fertilizer application based on soil test result + chicken manure, $CM+S_{500}$; Common management + 500 $kg.ha^{-1}$ sulfur, $CM+S_{1000}$; Common management + 1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur, ST+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + irrigation at 80% FC, CM+W; Common management + irrigation at 80% FC, ST+M+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC, $ST+M+W+S_{1000}$; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC+1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

جدول ۵- حداکثر میزان سرعت رشد گیاه سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)

Table 5. Maximum crop growth rate (CGR) of potato in fertilizer and irrigation treatments (2021 and 2022)

تیمارهای آزمایشی Treatments	۱۴۰۰ 2021 CGRmax ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	۱۴۰۱ 2022 CGRmax ($g.m^{-2}.day^{-1}$)
CM;T_1	21.77 ± 0.45	25.34 ± 0.72
ST; T_2	19.66 ± 0.36	25.13 ± 0.96
ST+M; T_3	20.56 ± 0.57	29.99 ± 0.22
CM+S_{500}; T_4	16.65 ± 0.46	28.19 ± 0.46
CM+S_{1000}; T_5	18.99 ± 0.93	26.06 ± 0.24
ST+W; T_6	18.84 ± 0.27	24.71 ± 0.24
CM+W; T_7	29.54 ± 0.70	27.13 ± 0.36
ST+M+W; T_8	25.28 ± 0.09	29.49 ± 0.31
ST+M+W+S_{1000}; T_9	29.59 ± 0.74	28.25 ± 0.38

CM: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه، ST: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک، ST+M: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی، CM+S_{500}: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۵۰۰، CM+S_{1000}: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، ST+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، CM+W: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W+S_{1000}: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+ +۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد

CM; Common management, ST; NPK fertilizer application based on soil test result, ST+M; NPK fertilizer application based on soil test result + chicken manure, CM+S_{500}; Common management + 500 $kg.ha^{-1}$ sulfur, CM+S_{1000}; Common management + 1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur, ST+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + irrigation at 80% FC, CM+W; Common management + irrigation at 80% FC, ST+M+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC, ST+M+W+S_{1000}; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC+1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کود و آبیاری در هر دو سال آزمایش بر عملکرد غده‌های کمتر از ۸۰ گرم، ۸۰ تا ۱۵۰ گرم، بالاتر از ۱۵۰ گرم و عملکرد کل غده معنی‌دار بود. اثر سال، تیمارهای آزمایشی و برهمکنش آنها بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال آزمایش، تیمارهایی که مقدار آب بیشتری در طول دوره رشد غده دریافت کرده بودند، عملکرد غده بیشتری داشتند (شکل ۵ a و b). تیمارهایی که براساس نتایج آزمون خاک کوددهی شده بودند نسبت به تیمارهای کوددهی رایج در منطقه، عملکرد بالاتری داشتند. تیمارهای چهارم و پنجم که به‌ترتیب حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بودند و سایر عناصر غذایی براساس مدیریت رایج منطقه به خاک افزوده شده بودند در مقایسه با تیمار اول عملکرد غده بالاتری داشتند و این افزایش در تیمار پنجم قابل توجه بود. بیشترین عملکرد عده در سال ۱۴۰۰ مربوط به تیمار هفتم (۳۶/۷ تن در هکتار) بود و در سال ۱۴۰۱ مربوط به تیمار نهم (۴۹/۹ تن در هکتار) بود. در هر دو سال آزمایش کمترین مقدار عملکرد غده مربوط به تیمار اول (کوددهی رایج منطقه) بود (به‌ترتیب ۲۳/۷ تن در سال ۱۴۰۰ و ۳۷/۱ تن در سال ۱۴۰۱). شایان ذکر است که عملکرد غده سیب‌زمینی در دشت دهگلان در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۴۰۱ به طور کلی پایین‌تر بود. این کاهش به دلیل افت ناگهانی دما به حدود صفر درجه سلسیوس در اوایل مهر سال ۱۴۰۰ بود (شکل ۱). دوره رشد سیب‌زمینی رقم جلی که در آزمایش حاضر استفاده شده بود حدود ۱۲۰ روز است، اما در سال ۱۴۰۰ دوره رشد آن کاهش یافت (حدود ۹۵ روز). این موضوع باعث کاهش عملکرد کلی گیاه شد. شرایط آب و هوایی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد بالقوه و عملکرد واقعی گیاه است و شرایط نامساعد آب و هوایی در طول دوره رشد گیاه می‌تواند باعث کاهش عملکرد در هر دو سطح بالقوه و واقعی شود

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

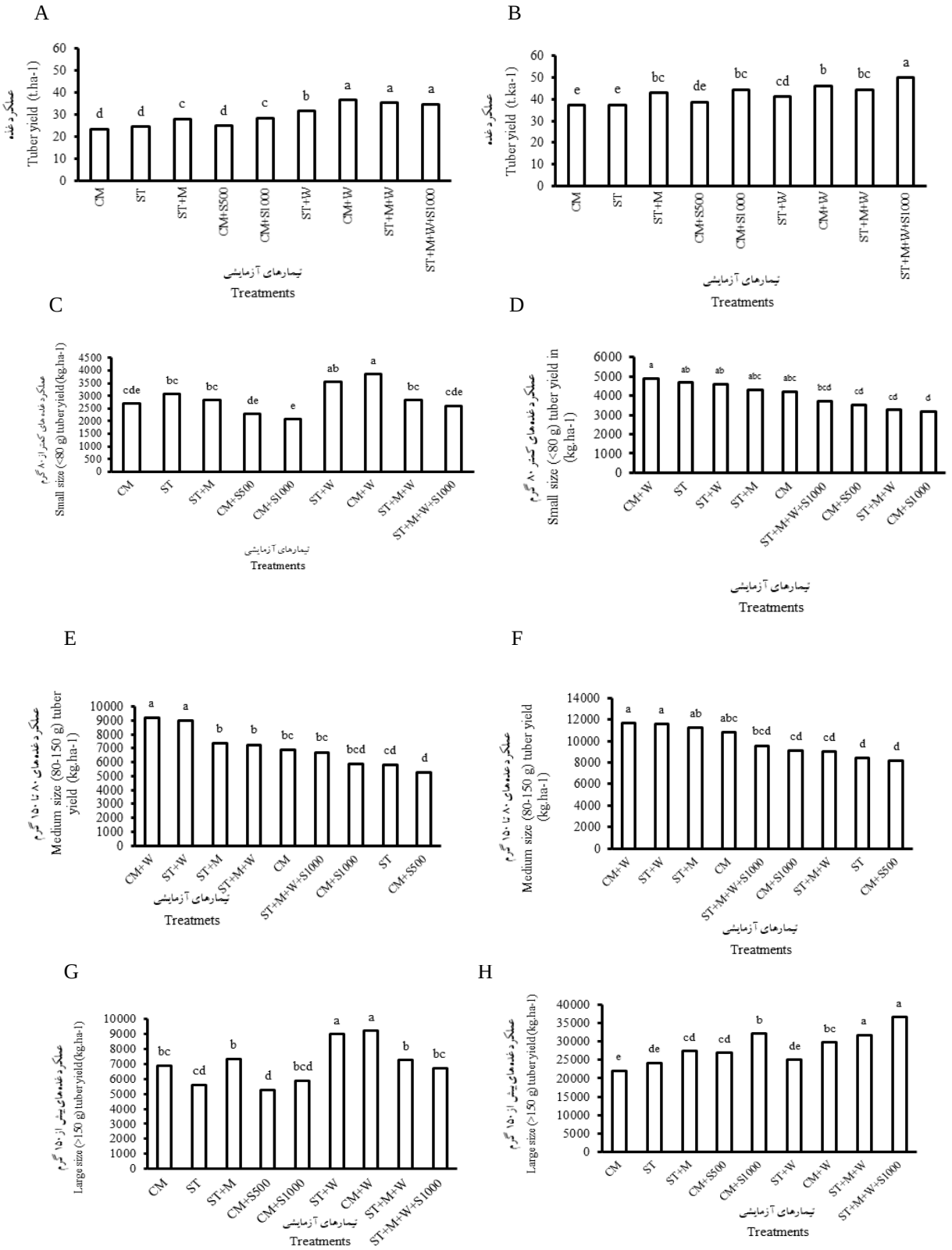
(Van Ittersum *et al.*, 2013).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که اکثر تیمارهای آزمایشی در مقایسه با کوددهی به شیوه رایج، باعث افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی شدند. در سال ۱۴۰۰، افزایش عملکرد از ۹۶۳ تا ۱۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در سال ۱۴۰۱ از ۲۰۰ تا ۱۲۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج آزمایش لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2018) در شمال چین نشان داد که مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی (به‌ترتیب ۵۳۹۱، ۳۵۱۹ و ۴۰۷۳ کیلوگرم در هکتار) شد و در حدود ۴۵ درصد از تغییرات عملکرد سیب‌زمینی به میزان کوددهی نسبت داده شد. در آزمایش حاضر در مقایسه با تیمار اول (کوددهی به شیوه رایج)، افزایش عملکرد برای تیمارهای دوم تا نهم در دو سال به ترتیب ۰/۶، ۵، ۱/۵، ۶، ۶، ۱۱، ۱۰ و ۱۲ تن در هکتار بود. مطالعات متعددی در مناطق مختلف جهان به بررسی نقش آب و عناصر غذایی در افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی پرداخته‌اند و همگی بر تأثیر مثبت این عوامل تأکید داشته‌اند. زللیو و همکاران (Zelelew *et al.*, 2016) گزارش دادند که ترکیب آبیاری بهینه با مدیریت متعادل عناصر غذایی، باعث افزایش قابل توجه عملکرد سیب‌زمینی می‌شود. ایرنا و همکاران (Ierna *et al.*, 2011) نیز گزارش دادند که استفاده توام از منابع آلی و شیمیایی عناصر غذایی همراه با مدیریت صحیح آب، علاوه بر افزایش عملکرد، باعث بهبود کیفیت غده سیب‌زمینی می‌شود. کوچ و همکاران (Koch *et al.*, 2020) نیز گزارش کرده‌اند که مدیریت همزمان آبیاری و تغذیه گیاهی، بهترین نتایج را در بهینه‌سازی تولید سیب‌زمینی به همراه دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی، چه به‌صورت مستقل و چه به صورت همزمان، نقش کلیدی در افزایش عملکرد سیب‌زمینی داشته و باعث افزایش بهره‌وری تولید می‌شود.

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد غده‌های کمتر از ۸۰ گرم در سال ۱۴۰۰ مربوط به تیمارهای هفتم (۳۸۶۵ کیلوگرم در هکتار)، ششم (۳۵۵۳ کیلوگرم در هکتار) و دوم (۳۰۸۵ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل c۵). در سال ۱۴۰۱ نیز بیشترین مقدار عملکرد غده‌های زیر ۸۰ گرم مربوط به تیمارهای هفتم، دوم و ششم (به‌ترتیب ۴۹۰۶، ۴۶۸۰ و ۴۵۹۳ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۵ d). بیشترین مقدار عملکرد غده‌های ۸۰ تا ۱۵۰ گرم در سال ۱۴۰۰ مربوط تیمارهای هفتم (۹۲۰۹ کیلوگرم در هکتار)، ششم (۸۹۹۱ کیلوگرم در هکتار) و سوم (۷۳۴۶ کیلو در هکتار) بود (شکل ۵ e). در سال زراعی ۱۴۰۱ نیز بیشترین مقدار عملکرد غده‌های ۸۰ تا ۱۵۰ گرم مربوط به همین تیمارها بود (شکل ۵ f). در غده‌های بزرگ‌تر از ۱۵۰ گرم نیز در سال ۱۴۰۰ بیشترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار ششم (۹۲۰۹ کیلوگرم در هکتار) بود و تیمارهای هشتم (۲۸۵۶۸) و ششم (۸۹۹۱ کیلوگرم در هکتار) در رده‌های دوم و سوم قرار داشتند (شکل۵ g). در سال ۱۴۰۱ بیشترین مقدار عملکرد غده‌های با وزن بیشتر از ۱۵۰ گرم (۳۶۵۶۷، ۳۲۱۳۳ و ۳۱۷۴۰ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای نهم، پنجم و هشتم بود. نتایج مربوط به اندازه غده‌ها نشان می‌دهد که اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد غده‌های با وزن بیشتر از ۱۵۰ گرم تقریبا مشابه با عملکرد کل است. این موضوع نشان دهنده نقش تعیین کننده این دسته از غده‌ها در عملکرد نهایی سیب‌زمینی است.

شاخص برداشت سیب‌زمینی در تیمارهای آزمایشی ۵۳ تا ۶۱ درصد بود. بالاترین مقدار شاخص برداشت مربوط به تیمار ششم (۶۱/۲ درصد) بود و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل۵ d). گزارش شده است که از جمله عوامل موثر بر شاخص برداشت در سیب‌زمینی، نیتروژن و آب در دسترس گیاه است و مصرف بیش از میزان نیاز این دو عامل باعث افزایش رشد بخش‌های هوایی نسبت به غده‌ها و کاهش شاخص برداشت می‌شود (Shrestha *et al.*, 2023). در

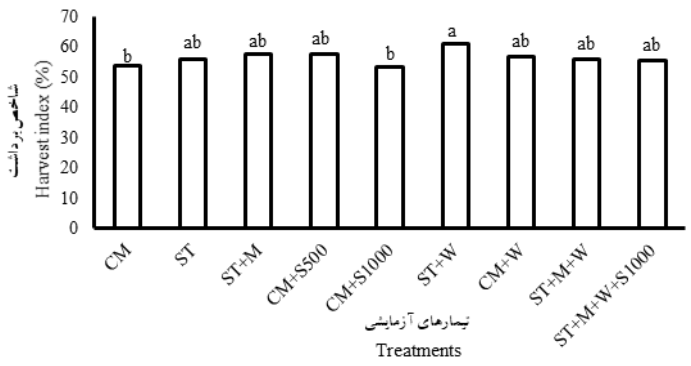
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد کل غده، غده‌های کمتر از ۸۰ گرم، غده‌های بین ۸۰ تا ۱۵۰ و غده‌های بیشتر از ۱۵۰ گرم سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری (۱۴۰۰ (به‌ترتیب a، c، e و g) و ۱۴۰۱ (به‌ترتیب b، d، f و h)

Fig. 5. Mean comparison of total tuber yield, yield of tubers less than 80 g, 80–150 g, and greater than 150 g in fertilizer irrigation treatments (2021; a, c, e, and g and 2022; b, d, f, and h)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]



شکل ۶- مقایسه میانگین شاخص برداشت (براساس وزن خشک) سیب‌زمینی در تیمارهای کود و آبیاری

Fig. 6. Mean comparison of harvest index (based on dry weight) of potato in fertilizer and irrigation treatments

CM: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه، ST: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک، ST+M: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی، $CM+S_{500}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۵۰۰، $CM+S_{1000}$: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، ST+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، CM+W: کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه+ آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، ST+M+W: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه، $ST+M+W+S_{1000}$: کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک+ کود مرغی+آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه+ +۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد

CM; Common management, ST; NPK fertilizer application based on soil test result, ST+M; NPK fertilizer application based on soil test result + chicken manure, $CM+S_{500}$; Common management + 500 $kg.ha^{-1}$ sulfur, $CM+S_{1000}$; Common management + 1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur, ST+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + irrigation at 80% FC, CM+W; Common management + irrigation at 80% FC, ST+M+W; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC, $ST+M+W+S_{1000}$; NPK Fertilizer application based on soil test result + chicken manure + irrigation at 80% FC+1000 $kg.ha^{-1}$ sulfur

آزمایش حاضر بین تیمارهای کودی از نظر تاثیر بر شاخص برداشت تفاوت چشمگیری وجود نداشت، اما در تیمارهای هفتم، هشتم و نهم که آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام شد، شاخص برداشت نسبت به تیمار ششم کاهش پیدا کرد. در تیمار ششم میزان کود و آب آبیاری با تیمارهای یاد شده مشابه بود، اما بیشترین مقدار شاخص برداشت را داشت. این موضوع می تواند به دلیل عدم مصرف کود مرغی در این تیمار باشد که علاوه بر اینکه بر میزان نیتروژن در دسترس گیاه اثر دارد، باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و میزان دسترسی گیاه به آب شده و باعث تغییر در موازنه رشد در بخش‌های مختلف گیاه می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تیمارهای کودی و آبیاری اثر متفاوت و قابل توجهی بر شاخص‌های رشد، عملکرد و اندازه غده‌های سیب‌زمینی داشتند. به طور کلی در تیمار کوددهی بر اساس شیوه رایج منطقه، فراهمی آب آبیاری، عناصر غذایی و یا ترکیب دو عامل، باعث افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی شد. این نتیجه‌گیری بر این اساس به‌دست آمد که در تیمارهایی که کوددهی بر مبنای آزمون خاک انجام شد و یا آبیاری در زمان ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی ظرفیت زراعی به‌صورت آبیاری تکمیلی به تیمارها اضافه شد، عملکرد غده نیز افزایش یافت و در این تیمارها بیشترین مقدار شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و عملکرد غده به‌دست آمد. با توجه به قلیایی بودن خاک منطقه، به‌نظر می‌رسد که اضافه کردن گوگرد نیز در افزایش عملکرد نقش موثری داشت. بنابراین مدیریت عناصر غذایی بر اساس نتایج آزمون خاک در مزارع سیب‌زمینی و تامین نیاز آبی گیاه در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در مناطقی که با محدودیت آب مواجه نیستند، می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری تولید سیب‌زمینی شود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

References منابع مورد استفاده

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements – FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.

Anonymous. 2025. Statistical Information of the Ministry of Agricultural Jihad. [In Persian]. http://www.maj.ir/Portal/Home (Accessed March 10, 2025)

Basirat, M. and Mottalebifard, R., 2016. Plant Nutrition Guide in Potatoes. [In Persian]. https://agrilib.areeo.ac.ir /book_6535.pdf

Camargo, D.C., Montoya, F., Córcoles, J.I. and Ortega, J.F., 2015. Modeling the impacts of irrigation treatments on potato growth and development. *Agricultural Water Management*, *150*, pp.119–128 https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.11.017

De Kok L.J., Castro, A., Koralewska, A., Durenkamp, M., Posthumus, F.S., Stuiver, C., Yang, L. and Stulen, I., 2005. Pathways of plant sulfur uptake and metabolism: an overview. *Landbauforschung Völkenrode, 283*, pp.5–13.

Devaux, A., Goffart, J., Petsakos, A., Kromann, P., Gatto, M., Okello, J., Suarez, V. and Hareau, G., 2020. Global food security, contributions from sustainable potato. p. 3-36. *In:* Campos, H., and Ortiz, O. 2020. The potato crop: its agricultural, nutritional and social contribution to humankind (p.518). *Springer Nature*, https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5

FAO. 2025. Statistical of Crop Production. Available at: http://www.fao.org/faostat/en/#data (Accessed March 8, 2025)

Galili G. and Amir R., 2013. Fortifying plants with the essential amino acids lysine and methionine to mprove nutritional quality. *Plant Biotechnol Journal, 11* (22), pp.211–222. https://doi.org/10.1111/pbi.12025

Hosseinpanahi, F. 2012. Application of modelling approach for designing wheat ideotype for drought stress under Mashhad weather conditions. PhD Dissertation, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. [In Persian].

Ierna, A. and Mauromicale, G., 2018. Potato growth, yield and water productivity response to different irrigation and fertilization regimes. *Agricultural Water Management*, *201*(1), pp.21–26. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.008

Ierna, A., Pandino, G., Lombardo, S. and Mauromicale, G., 2011. Tuber yield, water and fertilizer productivity in early potato as affected by a combination of irrigation and fertilization. *Agricultural Water Management*, *101*, pp.35–41. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08.024

Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A. and Thiel, H., 2019. Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants. *Physiologia Plantarum*, *166*(4), pp.921-935. https://doi.org/10.1111/ppl.12846

Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A. and Thiel, H., 2020. The importance of nutrient management for potato production Part I: Plant nutrition and yield. *Potato Research*, *63*(1), pp.97–119. https://doi.org/10.1007/s11540-019-09431-2

Liu, X., Li, S., He, P., Zhang, P. and Duan, Y., 2018. Yield and nutrient gap analysis for potato in northwest China.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]

Journal of Agricultural Science, *156*(8), pp.1–9. https://doi.org/10.1017/S0021859618000916

Misgina, N.A., 2016. Effect of phosphorus and potassium fertilizer rates on yield and yield component of potato (*Solanum tuberosum* L.) *Food Science and Quality Management*. *48*, pp.60–69. ISSN (Paper) 2224-6088 ISSN (Online) 2225-0557

Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N. and Foley, J.A., 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, *490*, pp.254–257. https://doi.org/10.1038/nature11420

Nurmanov, Y.T., Chernenok, V.G. and Kuzdanova, R.S., 2019. Potato in response to nitrogen nutrition regime and nitrogen fertilization. *Field Crops Research*, *231*(1), pp.115–121. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.014

Qin, S., Zhang, J., Dai, H., Wang, D. and Li, D., 2014. Effect of ridge-furrow and plastic-mulching planting patterns on yield formation and water movement of potato in a semi-arid area. *Agricultural Water Management*, 131(Suppl.), pp.87-94. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.09.015

Sadra, S., Mohammadi, G.R. and Mondani, F., 2022. Effect of cover crops and application of nitrogen fertilizer on tuber yield and nitrogen use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Sante). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *24*(3), pp.221-235. [In Persian]. http://agrobreedjournal.ir/article-1-1241-fa.html

Shrestha, B., Darapuneni, M., Stringam, B. L., Lombard, K. and Djaman, K., 2023. Irrigation water and nitrogen fertilizer management in potato (*Solanum tuberosum* L.): A Review. *Agronomy*, *13*(10), 2566. https://doi.org/10.3390/agronomy13102566

Svubure, O., Struik, P.C., Haverkort, A.J. and Steyn, J.M., 2015. Yield gap analysis and resource footprints of Irish potato production systems in Zimbabwe. *Field Crops Research*, *178*(1), pp.77–90. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.04.002

Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. and Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance - A review. *Field Crops Research*, *143*(1), pp.4–17. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009

Wang, N., Xing, Y. and Wang, X., 2019. Exploring options for improving potato productivity through reducing crop yield gap in Loess Plateau of China based on grey correlation analysis. *Sustainability*, *11*, p.5621. https://doi.org/10.3390/su11205621

Xing, Y., Zhang, T., Jiang, W., Li, P., Shi, P., Xu, G., Cheng, S., Cheng, Y., Fan, Z. and Wang, X., 2022. Effects of irrigation and fertilization on growth, yield and resource use efficiency of different potato varieties in Northwest China. *Agricultural Water Management*, *261*, 107351. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107351

Zelelew, D.Z., Lal, S., Kidane, T.T. and Ghebreslassie, B.M., 2016. Effect of potassium levels on growth and productivity of potato varieties. *American Journal of Plant Sciences*, *7*(12), pp.1629–1638. https://doi.org/10.4236/ajps.2016.712154

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-18]