

Comparison of the Effects of Chicken Manure and Blood Meal versus Chemical Fertilizer on the Growth Traits and Yield of Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) under Deficit Irrigation Conditions

Kh., Parvizi^{1*}, A., Ghadami Firoozabadi², M., Khataar³, M. Ahmadian³

1- Horticulture Crops Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

2- Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

3- Soil and Water Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

(*- Corresponding author's Email: k.parvizi@areeo.ir)

Received: 04 February 2025

Revised: 25 May 2025

Accepted: 07 June 2025

Available Online: 07 June 2025

How to cite this article:

Parvizi, Kh., Ghadami Firoozabadi, A., Khataar, M., & Ahmadian, M. (2026). Comparison of the effects of chicken manure and blood meal versus chemical fertilizer on the growth traits and yield of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) under deficit irrigation conditions. *Journal of Horticultural Science*, 39(3), 715-733. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2025.91970.1408>

Introduction

The limited amount of organic matter in most potato-growing soils in the country reduces their biological activity and limits the availability and absorption of some nutrients by plants (Khatar *et al.*, 2017). One of the most effective management strategies in this field is to maintain and enhance soil organic matter, as improving the physical and chemical conditions of the soil can greatly help increase yield and achieve sustainable agriculture. Given the limitations and high costs of livestock and poultry manure, which are key components of organic fertilizers in the country, efforts should focus on new organic sources such as blood meal, as blood meal is used in smaller amounts per unit area while providing higher nitrogen content to plants. Blood meal is also known as a growth stimulant due to its high amino acid content (Ciavatta *et al.*, 1997; Bhunia *et al.*, 2021). So far, limited studies have been conducted in the world to investigate the effects of blood meal for important agricultural products. Furthermore, there are very few experiments to investigate the effects of blood meal especially under irrigation deficit conditions. Therefore, this project aims to investigate the effects of using blood meal as a nitrogen-rich organic fertilizer under stress conditions on growth traits, as well as the quality and quantity of potato production in the country.

Materials and Methods

This research was conducted as a factorial experiment based on randomized complete block design at the Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Ekbatan Agricultural Research Station). In this study, two potato cultivars, Bamba and Sante, were considered as the first factor at two levels. The irrigation water amount was examined at three levels (100, 75, and 50 percent of Cumulative Evapotranspiration from Class A Evaporation Pan). Additionally, fertilizer treatments at three levels; chemical fertilizer, poultry manure, and blood powder were considered as the other two factors. The application of chemical fertilizers, used as the control treatment, was based on soil test results. This treatment involved the use of 120 kg of pure nitrogen from a urea source (260 kg of urea fertilizer per hectare), along with 150 kg of triple superphosphate, 100 kg of potassium sulfate, and two applications of complete micro-fertilizers: one at the



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.91970.1408>

flowering stage and another two weeks later. One third of urea fertilizer was applied at the planting, and the other two splits were applied as a top dress (the first application at the full coverage stage and the second application at the beginning of tuberization). It is worth mentioning that complete micro fertilizer injection was also performed in two simultaneous times in the blood meal and chicken manure treatments. The drip irrigation system was conducted as a tape type, and was placed at a depth of five to six centimeters on the ridge at the time of planting the tubers. The growth stage traits measured included: the time necessary to achieve 50% germination, date of full emergence, date of full coverage, number and length of stolons, leaf area index, fresh and dry weight of roots and stems, and finally, chlorophyll content, with the chlorophyll content being measured using the Gross method (Gross, 1999). At harvest time, the total yield was calculated and the tubers produced were separated into three sizes: seed, large, and small. Tuber dry matter percentage and water use efficiency were also measured. The resulting data were statistically analyzed using SAS 9.1 software, and treatment means were compared using Duncan's multiple range test with a five percent probability level.

Results and Discussion

The analysis of variance results showed that the main effects of irrigation levels and fertilizer treatment types were significant on all growth traits and yield. The effect of potato cultivar was also significant for most growth traits (except for leaf area index and chlorophyll content) as well as for yield. Interaction effect of irrigation levels and fertilizer treatment types were significant on other growing traits, including the time to reach full coverage, plant height at flowering time, number and length of stolons, chlorophyll content, leaf area index and fresh and dry weight of roots and stems. The main effects of cultivar and irrigation treatment were significant at the 1% level ($p \leq 0.01$) on tuber size and water use efficiency. The tuber dry matter percentage was not statistically affected by cultivar at the 5% level, but irrigation treatment had a significant effect on tuber dry matter percentage at the 5% level ($p \leq 0.05$). The type of fertilizer was significant on the average number of tubers in all three sizes, as well as water use efficiency at the 1% level ($p \leq 0.01$) and on yield and percentage of tuber dry matter at the 5% level ($p \leq 0.05$). None of the two-way interactions of cultivar $\times$ irrigation levels, cultivar $\times$ fertilizer type, and three-way interactions of cultivar $\times$ irrigation levels $\times$ fertilizer type were significant in tuber size, total yield, tuber dry matter percentage, and water use efficiency. However, the interaction effect of irrigation levels $\times$ fertilizer type was significant on tuber production in all three sizes, as well as tuber dry matter, total yield, and water use efficiency. An increase in the ratio of nitrogen to phosphorus leads to a relative increase in stolon length. While the opposite ratio leads to a decrease in stolon length. Establishing a proportional and balanced amount of these two elements and providing sufficient amounts of them depending on the nutritional needs of the potato leads to an increase in the number of stolons (Jackson, 1999). Recent research has demonstrated that chicken manure and blood meal are capable of significantly reducing stolon length and increasing their number under stress conditions. It seems that both of these types of organic fertilizers (blood meal and chicken manure) provide the potato plant with a balanced access of nitrogen to phosphorus under stress conditions, and by relatively increasing the stolon length and helping to increase its number, delay the potato plant's tuberization stage and achieve maximum storage capacity. Increased plant growth rate and faster canopy formation as a result of blood meal consumption, especially under deficit irrigation conditions, can be due to the low carbon to nitrogen ratio and zero lignin to nitrogen ratio, which results in faster mineralization and consequently more nitrogen provision in blood meal and increased nitrogen uptake efficiency in the plant. The increase in the number of tubers per plant in potato is positively correlated with the delay in entering flowering time and the increase in leaf area and stem growth in the stolon production stage before the start of tuberization (Menzel, 1985). In this study, blood meal had a positive effect on the fresh and dry weight of potato stems and roots, and also increased growth rate and created complete coverage in the stolon production stage. Therefore, blood meal had a positive effect on the number of tubers and ultimately the total yield. The results of this study demonstrated that under severe stress conditions, the use of blood meal positively impacted the number of tubers and total yield compared to chemical fertilizers (control) in deficit irrigation treatments. This was achieved by releasing amino acids and aiding in nutrient absorption. As a result, in conditions of severe stress, the use of blood meal regulates the effects of water stress and partially compensates adverse effects of deficit irrigation.

Conclusion

Overall, the results of this experiment indicated that using chicken manure and blood meal significantly enhanced the vegetative growth and yield of potatoes compared to chemical fertilizers. Moreover, under deficit irrigation conditions, these organic fertilizers proved to be more effective than chemical fertilizers. Therefore, the use of these two organic fertilizers, especially blood meal, can help mitigate yield reduction under water stress conditions.

Keywords: Fertilizer treatment, Growing Index, Reduction of water consumption, Sustainability of production

مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، ص. ۷۳۳-۷۱۵

مقایسه اثرات کود مرغی و پودر خون با کود شیمیایی بر صفات رشد و عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در شرایط کم‌آبیاری

خسرو پرویزی^{۱*} - علی قدمی فیروزآبادی^۲ - مهناز ختار^۳ - مهدی احمدیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۷

چکیده

جهت بررسی و مقایسه اثرات پودر خون و کود مرغی با کود شیمیایی بر صفات رشد، عملکرد کل و همچنین کارایی مصرف آب سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در شرایط کم‌آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۴۰۲ و در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان به اجرا درآمد. در این تحقیق، دو رقم سیب‌زمینی 'بانب' و 'سانته' در دو سطح به‌عنوان عامل اول و مقدار آب آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی براساس تبخیر و تعرق از تشتک تبخیر کلاس A) و تیمارهای کودی در سه سطح کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون به‌عنوان دو عامل دیگر مد نظر قرار گرفتند. صفات مرحله داشت شامل زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، تاریخ سبز شدن کامل، تاریخ پوشش کامل، شاخص‌های رشدی (میزان کلروفیل، ارتفاع بوته، تعداد و طول استولون، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و ساقه) اندازه‌گیری شدند. در هنگام برداشت، عملکرد کل برآورد شده و کارایی مصرف آب تعیین گردید. همچنین میزان ماده خشک غده نیز اندازه‌گیری گردید. با مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش مشخص شد که میزان آبیاری و نوع تیمار کودی بر تمامی صفات رشد و همچنین عملکرد کل غده تأثیر معنی‌دار داشته‌اند. تفاوت معنی‌داری در استفاده از نوع رقم سیب‌زمینی در اغلب صفات رشد (به‌غیر از شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل) و همچنین عملکرد کل غده به وجود آمد. با مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم × تیمارهای کودی مشخص شد که واکنش دو رقم سیب‌زمینی 'سانته' و 'بانب' به اثرات استفاده از نوع کود در تمامی صفات رشد و همچنین عملکرد کل غده مشابه بود. اما اثر تیمارهای کودی با سطوح مختلف آبیاری در تمامی صفات رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود. به این ترتیب که کود مرغی و پودر خون در بهبود صفات رشد و عملکرد غده کل، در شرایط کم‌آبیاری نسبت به آبیاری نرمال تأثیر بیشتری نشان دادند؛ هرچند میزان تأثیرگذاری آن‌ها در مقایسه با همدیگر نیز متفاوت بود. در مجموع، با اعمال کم‌آبیاری و به‌ویژه با افزایش شدت تنش، صفات رشد و عملکرد کل سیب‌زمینی کاهش پیدا کردند، اما با کاربرد پودر خون و همچنین کود مرغی در مقایسه با کود شیمیایی اثرات نامطلوب کم‌آبیاری بر صفات رشد و همچنین عملکرد کل به‌صورت معنی‌داری جبران شده و حتی بهبود یافت. در شرایط تنش متوسط و شدید، کاربرد کود مرغی و پودر خون، عملکرد کل را در مقایسه با عدم استفاده از آن‌ها به‌ترتیب ۱۱/۷۴ و ۱۰/۷۶ درصد افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: پایداری تولید، تیمار کودی، شاخص رشد، کاهش مصرف آب

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.)، برنج (*Oryza sativa*) و ذرت (*Zea mays*) قرار دارد. نظر به نقش و اهمیت سیب‌زمینی در تأمین انرژی و نیاز غذایی جهان، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) سال ۲۰۰۸ را سال سیب‌زمینی معرفی نمودند. یکی از ویژگی‌های مهم سیب‌زمینی در بین محصولات زراعی آن است که بیشترین میزان انرژی قابل استفاده در واحد سطح را در روز تولید می‌کند، به‌نحوی که با تولید ۲۱۶ مگاژول در هکتار در روز در مقابل ۱۵۹ مگاژول در ذرت، ۱۳۵ مگاژول در گندم و ۱۲۱ مگاژول در برنج در رتبه اول قرار دارد. همچنین بهره‌وری این محصول در میزان آب مصرفی در واحد سطح در مقایسه با ذرت ۱/۸ برابر و در مقایسه با گندم بیش از ۲/۵ برابر است، لذا نسبت به آب مصرفی بالاترین

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی بوده و از نظر اهمیت غذایی و تولید در جهان بعد از

- ۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
 - ۲- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
 - ۳- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
- (*) نویسنده مسئول:
Email: k.parvizi@areeo.ir
<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.91970.1408>

راندمان تولید انرژی را دارا می‌باشد (Hassan-Panah & Hassan-Abadi, 2018). وقوع خشکسالی‌های متعدد و مکرر در طی سال‌های اخیر، رشد جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی باعث کاهش میزان ماده آلی، افزایش شوری خاک و پایین آمدن قابلیت تولید در خاک‌های کشور از جمله استان همدان شده است. علاوه بر این بخش‌های وسیعی از دشت‌های استان همدان به‌طور چشمگیری با آلودگی روزافزون سفره‌های زیرزمینی به نترات روبه‌رو شده است. از سوی دیگر، به‌دلیل تغییر شرایط آب‌وهوایی و وجود تشکیلات آهکی، بخش عمده‌ای از خاک‌های کشور، دارای آهک و pH بالایی بوده و در مقابل، مقدار ماده آلی محدودی دارند. این شرایط موجب می‌شود تا قابلیت دسترسی و جذب برخی عناصر غذایی برای گیاهان با محدودیت مواجه شود (Khatar et al., 2017). یکی از مؤثرترین راهکارهای مدیریتی در این زمینه، حفظ و ارتقاء مواد آلی خاک است، زیرا بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند تا حدود زیادی به افزایش عملکرد و رسیدن به کشاورزی پایدار کمک کند. به‌دلیل محدودیت و هزینه‌های بالای کودهای دامی و مرغی که به‌عنوان بخش عمده‌ای از کودهای آلی در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید تلاش شود تا از منابع آلی جدیدی همچون پودر خون بهره‌مند شد که به‌مقدار کمتر در واحد سطح مورد استفاده قرار می‌گیرد و در عین حال محتوای نیتروژن بالاتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. این کود آلی از ضایعات کشتارگاه‌ها تولید شده و دارای pH اسیدی است و با داشتن مقدار بالایی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و آهن در مقایسه با سایر کودهای آلی از جمله کود مرغی (میزان نیتروژن و آهن پودر خون تقریباً سه برابر بیشتر و مقدار pH آن دو واحد کمتر از کود مرغی است) می‌تواند ارجحیت داشته باشد. همچنین به‌دلیل بالا بودن میزان اسیدهای آمینه، این کود به‌عنوان ماده تحریک‌کننده رشد شناخته می‌شود. بنابراین استفاده از این ماده علاوه بر تولید محصول سالم، می‌تواند در جهت رسیدن به کشاورزی پایدار، بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی مؤثر باشد. از طرف دیگر، بوی این ماده موجب دفع بعضی از آفات می‌شود. در آزمایش‌های مختلف، مزیت مصرف کودهای آلی نسبت به کودهای شیمیایی جهت کشت گیاهان مورد اثبات قرار گرفته است. از جمله مواد آلی جدیدی که امروزه جهت تأمین برخی مواد غذایی مورد نیاز گیاه معرفی شده، پودر خون می‌باشد (Ciavatta et al., 1997; Bhunia et al., 2021).

قربانزاده و همکاران (Ghorbanzade et al., 2008) اثر نیتروژن و آهن پودر خون در سه سطح ۱/۵، ۳ و ۶ تن در هکتار را بر گیاه ذرت بررسی کرده و نشان دادند که کاربرد پودر خون یک ماه قبل از کاشت گیاه ذرت، ضمن تأمین نیازهای نیتروژن و آهن ذرت، بر رشد

آن تأثیری مثبت داشت. در آزمایشی دیگر، از سه منبع پودر خون، سکسترین آهن و سولفات آهن با سطوح ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک آهکی استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که سولفات آهن تأثیری کمی بر آهن عصاره‌گیری شده از خاک داشت، ولی سکسترین آهن آن را به‌میزان بسیار معنی‌داری افزایش داد. میزان این تأثیر ثابت بود و تابعی از زمان نبود. این در حالی است که تیمارهای حاوی پودر خون، آهن قابل عصاره‌گیری خاک را به‌صورت معنی‌داری نسبت به شاهد، سولفات آهن و سکسترین آهن افزایش داد (Ejraei & Karimian, 2008). محصلی و فربود (Mohasseli & Farbood, 2019) استفاده از پودر خون به‌جای سکسترین آهن در چهار سطح صفر، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک را در گیاه دارویی بادرنجبویه مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که پودر خون سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک، غلظت آهن، کلروفیل، کارتنوئیدها و عملکرد اسانس در گیاه بادرنجبویه شد. حداکثر وزن خشک گیاه ۱۴۱/۴ گرم در گلدان در شرایط مصرف کود آهن و پودر خون به‌ترتیب به‌میزان ۲/۵ میلی‌گرم و ۱/۵ گرم در کیلوگرم به دست آمد. مصرف پودر خون در سطح اول، دوم و سوم به‌ترتیب سبب ۱۳/۸، ۶/۸ و ۱۱/۷ درصد افزایش در غلظت آهن گیاه شد. کاربرد آهن و پودر خون به‌ترتیب به‌میزان پنج میلی‌گرم و سه گرم در کیلوگرم خاک سبب افزایش ۲۴۱/۷ درصد میزان اسانس گیاه نسبت به شاهد گردید. همچنین مصرف همین میزان آهن و پودر خون موجب تولید حداکثری عملکرد اسانس (۳۰۸/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد) شد. سولومن (Solomon, 2004) بیان داشت که در میان کودهای آلی، پودر خون حاوی مقدار بالایی نیتروژن قابل حل در آب است که می‌تواند به‌راحتی در اختیار گیاه قرار گیرد. کونینگ و جانسون (Koenig & Johnson, 1999) اظهار داشتند که پودر خون نسبت به سایر کودهای آلی، با سرعت بیشتری تجزیه می‌شود و شدت رهاسازی عناصر در شرایط گرم و مرطوب بالاتر است. درصد زیادی از نیتروژن پودر خون به‌صورت آمونیوم تبدیل می‌شود که این امر اسیدیته (pH) خاک را کاهش داده و اثر مثبتی بر جذب عناصر غذایی دارد. بخش عمده‌ای از کودهای شیمیایی نیتروژنه از طریق نترات‌زدایی و آبشویی از دسترس گیاه خارج می‌شوند، درحالی‌که با استفاده از کودهای آلی همچون پودر خون این روند کاهش یافته و علاوه بر راندمان بالای آن نسبت به کودهای شیمیایی، از آلوده‌شدن آب‌های زیرزمینی نیز جلوگیری می‌کند.

در حال حاضر، هر کیلوگرم کود مرغی با قیمت تقریبی ۵۰-۶۰ هزار ریال، در دسترس‌ترین و پرمصرف‌ترین کود آلی است که براساس عرف کشاورز به‌میزان ۱۰ تن در هکتار در زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجاکه بالاترین میزان مصرف

پودر خون در این پروژه شش تن در هکتار است و از سوی دیگر، قیمت هر کیلو پودر خون ۱۲۰-۱۰۰ هزار ریال می‌باشد، بنابراین تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر قیمت تمام‌شده بین مصرف این دو کود آلی در واحد سطح وجود ندارد. لذا لازم است که بررسی این ماده جدید به‌عنوان تأمین‌کننده نیتروژن، برای محصولات عمده کشاورزی که نقش راهبردی در کشور دارند، با دقت نظر بیشتری انجام شود. با توجه به مطالب ذکرشده، استفاده از پودر خون در صورت موفقیت پروژه، علاوه بر بازچرخانی ضایعات کشتارگاه‌های صنعتی و کمک به افزایش ماده آلی خاک، راهگشای بسیاری از مسائل و معضلات تولید محصول سیب‌زمینی در کشور خواهد بود و علاوه بر افزایش عملکرد و ارتقاء قدرت جذب عناصر غذایی، تا حدودی در تعدیل تنش‌های محیطی نیز اثرگذار است. همان‌طوری که قبلاً ذکر گردید، تاکنون مطالعات کمتری در زمینه بررسی اثرات پودر خون و تعیین میزان مصرف مورد نیاز برای محصولات مهم کشاورزی در مقایسه با کود مرغی و سایر کودهای آلی در دنیا انجام شده است. ضمن اینکه در خصوص بررسی اثرات پودر خون (به‌ویژه در شرایط کم‌آبایی) و مقایسه آن با کود مرغی بر عملکرد و صفات رشد سیب‌زمینی آزمایش‌ها نسبتاً محدودتر می‌باشد. بنابراین لازم بود که اثرات استفاده از پودر خون به‌عنوان منبع کود آلی غنی از نیتروژن بر صفات رشد و همچنین کیفیت و کمیت تولید این محصول مهم در کشور در قالب این پروژه مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان) و به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا درآمد. در این تحقیق، دو رقم سیب‌زمینی 'بانا' و 'سانته' به‌عنوان عامل اول و مقدار آب آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تبخیر تجمعی از تحت تبخیر کلاس A) به‌عنوان عامل دیگر و سه سطح کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون به‌عنوان عامل سوم مد نظر قرار گرفتند. با توجه به تعداد سطوح عامل‌ها (۳×۳×۲)، تعداد کل کرت‌ها در هر بلوک آزمایشی ۱۸ عدد بود، لذا در مجموع، طرح با ۵۴ کرت آزمایشی اجرا گردید. هر کدام از کرت‌ها به‌طول ۱۰ متر و عرض

۳ متر بوده و کاشت غده‌ها به‌صورت ردیفی و فاصله بوته و ردیف ۷۵×۲۵ انجام شد. کود شیمیایی (شاهد) براساس آزمون خاک مصرف گردید. کود مرغی و پودر خون به‌ترتیب در دو میزان ۱۰ و ۶ تن در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. تیمار کود شیمیایی با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص با منبع اوره (۲۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار)، ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم سولفات و دو نوبت تزریق کود میکرو کامل در مرحله گل‌دهی و دو هفته پس از آن انجام شد. یک سوم کود اوره در هنگام کاشت و دو قسمت دیگر به‌صورت سرک و در مراحل داشت (نوبت اول در مرحله پوشش کامل و نوبت دوم در شروع غده‌زایی) مورد استفاده قرار گرفت. قابل ذکر اینکه تزریق کود میکرو کامل در دو نوبت به‌صورت همزمان در تیمارهای پودر خون و کود مرغی نیز انجام شد. سیستم آبیاری به‌صورت قطره‌ای و نوار تیپ در عمق پنج تا شش سانتی‌متری بر روی پشته و در هنگام کاشت غده‌ها قرار گرفت. غده‌های بذری مورد استفاده قبل از کاشت با استفاده از قارچ‌کش کاربندازیم با نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند.

جهت اجرای عملیات آماده‌سازی زمین، ابتدا زمین مورد نظر شخم شده و سپس به‌وسیله روتوشیپر جهت خرد شدن کلوخه‌ها بر روی آن عملیات خاک‌ورزی صورت گرفت. قبل از کاشت نمونه خاک از محل آزمایش تهیه و در معرض هوا خشک شده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله فسفر قابل جذب به‌روش اولسون و همکاران (Olsen et al., 1954) و اندازه‌گیری با استفاده از دستگاه جذب اتمی، بافت به‌روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، پتاسیم قابل جذب توسط عصاره‌گیری با استات آمونیومیک نرمال (Nelson & Sommers, 1982) و واکنش و هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع تعیین شد (جدول ۱).

جهت محاسبه نیاز آبیاری، ابتدا با استفاده از رابطه پنمن مانیتث اصلاح‌شده، تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) محاسبه گردید. سپس با در نظر گرفتن ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد و راندمان آبیاری، نیاز آبیاری با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$Di = \left(\frac{Etc - Pe}{Ei} \right) \quad (1)$$

$$Etc = Kc \times Eto \quad (2)$$

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک قبل از کاشت در محل اجرای آزمایش

Table 1-Physico-chemical properties of the soil before planting

بافت Texture	EC (dS.m ⁻¹)	pH	فسفر قابل استفاده Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available K (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)
لوم رسی Clay loam	1.7	7.8	4.2	342.6	0.38	0.57

جهت آنالیز داده‌های حاصل از صفات مختلف و تجزیه و تحلیل آن‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد محاسبه گردید. تجزیه واریانس بر روی کلیه داده‌های حاصل از آزمایش شامل صفات رشد و همچنین عملکرد، ماده خشک غده و کارایی مصرف آب صورت گرفت. پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها و تست اشتباهات آزمایشی بر روی داده‌های حاصل از صفات مورد بررسی براساس آزمون بارتلت، تجزیه واریانس انجام و میانگین مربعات نیز براساس امید ریاضی مورد آزمون قرار گرفت.

نتایج و بحث

الف- صفات رشد

نتایج تجزیه واریانس صفات رشد (جدول ۲) نشان داد که هیچ‌کدام از اثرات سطوح آبیاری، کود شیمیایی و کود مرغی و پودر خون بر زمان لازم تا کسب ۵۰ درصد جوانه‌زنی و نیز سبزکرد کامل معنی‌دار نشدند. اما اثرات سطوح آبیاری و نوع کود و نیز اثر متقابل آن‌ها بر سایر صفات رشد شامل زمان رسیدن به پوشش کامل، ارتفاع گیاهان در گل‌دهی، تعداد و طول استولون، میزان کلروفیل، شاخص سطح برگ و وزن تر و خشک ریشه و ساقه معنی‌دار شدند. اثر رقم بر زمان لازم تا کسب ۵۰ درصد جوانه‌زنی و نیز سبزکرد کامل، طول استولون، میزان کلروفیل و شاخص سطح برگ معنی‌دار نشد، اما نوع رقم سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری بر سایر صفات رشد داشت. اثرات متقابل دوجانبه رقم × تیمار آبیاری و همچنین رقم × کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون و نیز اثر متقابل سه‌جانبه رقم × تیمار آبیاری × کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون در هیچ‌کدام از صفات رشد معنی‌دار نشد. اما اثر متقابل سطوح آبیاری × کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر تمامی صفات رشد به‌غیر از زمان لازم تا کسب ۵۰ درصد جوانه‌زنی و جوانه‌زنی کامل معنی‌دار شد (جدول ۲).

با مقایسه میانگین داده‌های حاصل مشخص شد که با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سیب‌زمینی و در هر سه تیمار کود شیمیایی، مرغی و پودر خون با متوسط ۴۰ روزه، وضعیت رسیدن به پوشش کامل بوته‌ها یکنواخت بود. در این تیمارها، پوشش کامل در سریع‌ترین زمان ممکن اتفاق افتاد و از نظر آماری نیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. با اعمال کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری پوشش کامل بوته‌ها به تأخیر افتاد. اما با مصرف کود مرغی و پودر خون در هر دو تیمار کم‌آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی، رسیدن به پوشش کامل سریع‌تر شد. در تیمار کم‌آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی و با عدم کاربرد کود مرغی و پودر خون، طولانی‌ترین زمان ممکن تا پوشش کامل ایجاد شد، به‌طوری‌که با متوسط ۴۸/۳۳ روز با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار

که در آن، Etc: تبخیر و تعرق گیاهی (میلی‌متر)، Kc: ضریب گیاهی ضریب، ETo: تبخیر و تعرق پتانسیل، Di: میزان نیاز آبیاری (میلی‌متر)، Ei: راندمان آبیاری و Pe: میزان بارندگی مؤثر (میلی‌متر) است.

آبیاری به‌صورت قطره‌ای نواری با لوله‌های ۱۶ میلی‌متری با فاصله قطره‌چکان‌های ۳۳ سانتی‌متر و دبی ۱/۶ لیتر بر ساعت در فشار ۱/۲ بار بر روی پشته‌ها صورت گرفت. مقدار آب مصرفی توسط کنتورهای کالیبره‌شده اندازه‌گیری شد. به‌منظور محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری از معادله ۳ استفاده شد.

$$WUE = \frac{Yield}{I} \quad (3)$$

که در آن، WUE، شاخص کارایی مصرف آب، Yield: عملکرد محصول برحسب کیلوگرم و I: حجم آب آبیاری می‌باشد.

از صفات مرحله داشت شامل زمان کسب ۵۰ درصد جوانه‌زنی، تاریخ سبز کرد کامل، تاریخ پوشش کامل، ارتفاع بوته در گل‌دهی، میزان کلروفیل، تعداد و طول استولون، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و ساقه اندازه‌گیری به عمل آمد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک ساقه و ریشه در زمان رسیدن به پوشش کامل بوته در روی ردیف (حدود ۴۰ روز پس از کشت) به‌صورت تصادفی و با رعایت حاشیه یک ردیف از هر پلات و یک متر از ابتدا و انتهای هر پلات به‌صورت تصادفی دو بوته انتخاب و به‌طور کامل برداشت شدند.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل، در هنگام اندازه‌گیری سطح برگ (حدود دو هفته پس از پوشش کامل) ۰/۵ گرم برگ تازه (برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته) انتخاب شده و کاملاً در یک هاون چینی با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط و سپس سانتریفیوژ گردید (۳۰۰ دور در دقیقه). پس از سانتریفیوژ محلول رویی برداشته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، جذب آن در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. در نهایت غلظت کلروفیل‌های a و b و کل برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ و به‌روش گراس (Gross, 1991) محاسبه شد. رکوردگیری در مرحله برداشت به‌صورت انتخاب واحدهای یک مترمربعی و به‌صورت تصادفی در دو نقطه از هر رقم و تیمار مربوطه انجام شد. در محصول برداشتی، غده‌ها براساس اندازه آن‌ها در گروه‌هایی با اندازه کوچک‌تر از ۳۵، ۳۵-۵۵ و بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر تقسیم‌بندی شده و توزین و شمارش گردید.

برای تعیین درصد ماده خشک غده، برش‌های نازک از چهار غده متوسط (۸۰-۴۰ میلی‌متر) از هر رقم تهیه شده و به‌صورت جداگانه در داخل آون به ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و از طریق معادله ۴ اندازه‌گیری شد.

$$= \text{درصد ماده خشک} \quad (4)$$

۱۰۰ × (وزن غده اولیه / وزن غده پس از خشک شدن)

را در شرایط تنش فراهم کرده و با افزایش نسبی طول استولون‌ها، ضمن کمک به افزایش تعداد آن، گیاه سیبزمینی را با کسب حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی با تأخیر به مرحله غده‌زایی وارد می‌نماید.

میزان کلروفیل برگ با متوسط ۲/۰۹ گرم در وزن تازه برگ و در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیبزمینی در هر سه تیمار کود شیمیایی، مرغی و پودر خون، تقریباً یکسان بود، اما با کاهش میزان آبیاری و به‌ویژه در شدت تنش بیشتر (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی)، کود مرغی و پودر خون به‌ترتیب به‌میزان ۱/۸۵ و ۲/۰۵ گرم در وزن تازه برگ در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی (متوسط ۱/۶۶ گرم در وزن تازه برگ) موجب افزایش میزان کلروفیل در برگ شدند. اگرچه اثر پودر خون در افزایش کلروفیل بیشتر بود (جدول ۵ و ۶). شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد تحت تأثیر نوع کود قرار نگرفت. اما در هر دو سطح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی، مصرف کود مرغی و پودر خون به‌ترتیب با متوسط ۲/۱۸ و ۱/۹۵ در مقایسه با کود شیمیایی (با متوسط ۱/۷۸) به‌شدت منجر به افزایش شاخص سطح برگ شدند (جدول ۶).

وزن تر و خشک ساقه و ریشه تحت تأثیر کاربرد کود مرغی و پودر خون قرار گرفت. به‌طوری‌که در آبیاری نرمال نیز وزن تر و خشک ریشه و ساقه با استفاده از کود مرغی و پودر خون به‌طور معنی‌داری نسبت به کود شیمیایی افزایش پیدا کرد. این اثرات مثبت در سطوح آبیاری کمتر نیز به‌صورت معنی‌داری تداوم داشته و حتی شدیدتر بود. ضمن اینکه تأثیر پودر خون در افزایش وزن خشک ریشه و ساقه در مقایسه با تأثیر آن بر وزن تر در هر سه تیمار آبیاری نسبت به کود مرغی چشمگیرتر بود (جدول ۵ و ۶). متوسط وزن تر ساقه در بوته و در تیمار آبیاری ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی و با کاربرد کود مرغی و پودر خون به‌ترتیب ۶۲۵/۴۵ و ۵۸۵/۹۴ گرم در بوته بود که نسبت به تیمار استفاده از کود شیمیایی در این سطوح آبیاری که از وزن تر بوته به‌ترتیب به‌میزان ۶۰۳/۴۴ و ۵۶۵/۸۷ گرم در بوته برخوردار شدند، اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۶). وزن خشک ساقه در دو سطح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی با استفاده از کود مرغی و پودر خون به‌ترتیب با میزان ۹۰/۶۵، ۹۲/۷۰ و ۸۲/۶۶، ۸۳/۷۰ گرم در بوته در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی و در همین تیمارهای آبیاری (به‌ترتیب ۶۶/۸۳ و ۷۷/۱۴ گرم در بوته) افزایش معنی‌دار نشان داد. در ارتباط با وزن خشک ریشه نیز این وضعیت با روندی نسبتاً مشابه ایجاد شد، به‌طوری‌که متوسط وزن خشک ریشه با کم‌آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی و استفاده از کود مرغی و پودر خون به‌ترتیب ۲۱/۳۴، ۲۱/۲۸ و ۱۹/۵۲، ۲۰/۰۵ گرم در بوته حاصل گردید که با تیمارهای کود شیمیایی از همین سطوح آبیاری به‌ترتیب با متوسط ۱۸/۸۵ و ۱۷/۲۴ اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۶).

داشت ($p \leq 0.05$)، ارتفاع بوته در گل‌دهی با تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و استفاده از کود شیمیایی نسبت به سایر تیمارها در کمترین میزان قرار گرفت که با متوسط ۴۵/۸۶ سانتی‌متر از نظر آماری نیز نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. کاربرد کود مرغی و پودر خون در هر دو تیمار کم‌آبیاری و همچنین آبیاری نرمال به‌طور مشخص منجر به افزایش ارتفاع بوته در گل‌دهی شد (جدول ۳ و ۴). کاربرد کود مرغی در هر دو سطح آبیاری نرمال و ۷۵ درصد نیاز آبی، تأثیر معنی‌داری بر متوسط تعداد استولون در بوته (به‌ترتیب با متوسط ۷/۵۸ و ۷/۶۵ عدد استولون در بوته) نسبت به مصرف کود شیمیایی با متوسط ۷/۰۱ عدد استولون در بوته نداشت، اما استفاده از کود مرغی در سطح آبیاری ۵۰ درصد، با متوسط ۶/۶۵ در مقایسه با مصرف کود شیمیایی در همین سطح آبیاری (متوسط ۵/۲۱ عدد استولون در بوته) تعداد استولون را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. در مقابل با کاربرد پودر خون در هر دو سطح کم‌آبیاری، تعداد استولون در بوته به‌میزان ۱/۰۳ عدد در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی افزایش پیدا کرد. در آبیاری نرمال تفاوت معنی‌داری از نظر استفاده از هر سه نوع کود شیمیایی، مرغی و پودر خون در تعداد استولون در بوته ایجاد نشد (جدول ۴).

کود مرغی در آبیاری نرمال و همچنین آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با متوسط ۱۱/۵۲ و ۱۱/۳۲ سانتی‌متر تأثیری بر طول استولون در مقایسه با مصرف کود شیمیایی در این دو سطح آبیاری (متوسط ۱۱/۱۵ سانتی‌متر در طول استولون) نداشت، اما در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی هم کود مرغی و همچنین پودر خون به‌طور معنی‌داری طول استولون را افزایش دادند (جدول ۴). طول استولون و تعداد آن در سیب‌زمینی اگرچه ارتباط نزدیکی با ریخته ارثی رقم دارد، اما تأثیر عوامل محیطی بر آن قابل توجه می‌باشد. ثابت شده است که سطوح نیتروژن بالا به‌شدت بر طول استولون و میزان فسفر بر تشکیل تعداد استولون در سیب‌زمینی مؤثر می‌باشد (Menzel, 1985; Yuan et al., 2014). افزایش نسبت نیتروژن به فسفر منجر به افزایش نسبی طول استولون می‌شود، درحالی‌که نسبت عکس آن سبب کاهش طول استولون می‌گردد. برقراری مقدار متناسب و متعادل از این دو عنصر و تأمین مقدار کافی از آن‌ها بسته به نیاز غذایی سیب‌زمینی منجر به افزایش تعداد استولون‌ها می‌گردد (Jackson, 1999). کاهش میزان آب آبیاری و افزایش سطح تنش آبی در سیب‌زمینی سبب کاهش طول استولون و در عین حال کاهش تعداد آن‌ها شده و زمان ورود به مرحله آغازین غده را سریع‌تر می‌نماید که می‌تواند اثر منفی در عملکرد نهایی داشته باشد، چرا که گیاه را قبل از رسیدن به حداکثر ظرفیت انباشت زیست‌توده وارد مرحله غده‌زایی می‌نماید. با پژوهش اخیر مشخص شد که کود مرغی و پودر خون قادر به کاهش قابل توجه در طول استولون و افزایش تعداد آن‌ها در شرایط تنش می‌باشند. به نظر می‌رسد که هر دو نوع کود آلی (پودر خون و کود مرغی) سرعت دسترسی متوازن و متعادل گیاه سیب‌زمینی به نیتروژن و فسفر

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثرات رقم، سطوح آبیاری و کود شیمیایی، کود مرئی و پودر خون بر صفات رشد در سیب‌زمینی
Table 2- ANOVA for the effects of cultivar, irrigation levels, chemical fertilizer, chicken manure, and blood meal on the growth traits of potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)					
		زمان لازم تا کسب ۵۰ درصد جوانه‌زنی Germination (day)	تکمیل جوانه‌زنی Complete germination (day)	زمان رسیدن به پوشش کامل Overlapping time (day)	ارتفاع بوته در گل‌دهی Height of plant in flowering time (cm)	تعداد استولون در گیاه Stolon number per plant	طول استولون Stolon length (cm)
تکرار Replication	2	0.34 ^{ns}	2.03 ^{ns}	5.06 ^{ns}	3.38 ^{ns}	1.58 ^{ns}	2.01 ^{ns}
رقم Cultivar (A)	1	3.14 ^{ns}	5.52 ^{ns}	120.70*	76.32*	4.65**	2.04 ^{ns}
تیمار آبیاری Water treatment (B)	2	0.05 ^{ns}	1.48 ^{ns}	48.79**	185.19**	7.64**	23.45**
رقم × آبیاری A × B	2	0.82 ^{ns}	3.04 ^{ns}	6.29 ^{ns}	17.51 ^{ns}	1.012 ^{ns}	2.12 ^{ns}
کود شیمیایی، مرئی و پودر خون Chemical fertilizers, chicken manure and blood meal (C)	2	0.43 ^{ns}	1.44 ^{ns}	72.05**	79.69**	4.06*	1.83*
رقم × کود A × C	2	0.21 ^{ns}	0.07 ^{ns}	5.40 ^{ns}	4.21 ^{ns}	1.38 ^{ns}	0.12 ^{ns}
آبیاری × کود B × C	4	0.64 ^{ns}	0.43 ^{ns}	35.21**	16.27**	1.36 ^{ns}	4.16**
رقم × آبیاری × کود A × B × C	4	0.63 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.38 ^{ns}	1.86 ^{ns}	0.64 ^{ns}	0.09 ^{ns}
خطای Error	36	1.12	0.88	1.96	1.83	0.99	0.31
کل Total	53						
ضریب تغییرات CV (%)		9.23	5.32	4.16	2.86	12.87	4.62

ns، * و **: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
ns، * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثرات رقم، سطوح آبیاری و کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر صفات رشد در سیب زمینی
Continued table 2- ANOVA for the effects of cultivar, irrigation levels, chicken manure, and blood meal on the growth traits of potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میزان کلروفیل Chlorophyll	شاخص سطح برگ Leaf area index	میانگین مربعات Means of squares				وزن خشک ریشه Root dry weight
				وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	
تکرار Replication	2	0.037 ^{ns}	0.028 ^{ns}	27.37 ^{ns}	9.70 ^{ns}	3.34 ^{ns}	0.07 ^{ns}	
رقم Cultivar (A)	1	1.012 ^{ns}	1.023 ^{ns}	37.52 ^{**}	23.95 [*]	5.62 ^{**}	0.94 [*]	
تیمار آبیاری Water treatment (B)	2	0.17 ^{**}	1.58 ^{**}	27920.17 ^{**}	908.37 ^{**}	2138.14 ^{**}	14.45 ^{**}	
رقم × آبیاری A × B	2	0.03 ^{ns}	0.18 ^{ns}	342.25 ^{ns}	0.28 ^{ns}	15.90 ^{ns}	3.18 ^{ns}	
کود شیمیایی، مرغی و پودر خون Chemical fertilizers, chicken manure and blood meal (C)	2	0.34 ^{**}	0.78 ^{**}	4190.00 ^{**}	220.49 ^{**}	1692.38 ^{**}	42.23 ^{**}	
رقم × کود A × C	2	0.014 ^{ns}	0.018 ^{ns}	62.44 ^{ns}	11.04 ^{ns}	3.41 ^{ns}	0.69 ^{ns}	
آبیاری × کود B × C	4	0.056 ^{**}	0.21 ^{**}	712.17 ^{**}	78.15 [*]	342.48 ^{**}	5.92 ^{**}	
رقم × آبیاری × کود A × B × C	4	0.006 ^{ns}	0.018 ^{ns}	61.60 ^{ns}	16.80 ^{ns}	9.08 ^{ns}	0.402 ^{ns}	
خطای Error	36	0.013	0.018	80.51	28.26	6.58	1.52	
کل Total	53							
ضریب تغییرات CV (%)		4.32	3.68	2.40	6.64	1.97	6.30	

^{ns}، *، ** و ***: به ترتیب عدم تفاوت معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ^{ns}، *، ** و ***: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- اثرات اصلی رقم، سطوح آبیاری و تیمارهای کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر صفات رشد سیب‌زمینی
Table 3-The main effects of cultivar, irrigation levels, chemical fertilizer, chicken manure and blood meal treatments on potato growth traits

تیمارها Treatments	زمان لازم تا کسب ۵۰ درصد جوانه‌زنی Time to fifty percent germination	تکمیل جوانه‌زنی Complete germination	زمان رسیده به پوشش کامل Overlapping time	ارتفاع بوته در گل‌دهی Height of plant in flowering time	تعداد استولون در گیاه Stolon number per plant	طول استولون Stolon length
'سانته' Sante	12.66 b*	18.33 b	38.33 b	53.33 b	8.7 a	9.68 b
'بانبا' Banba	14.33 a	20.33 a	43.38 a	57.63 b	6.8 b	11.56 a
۱۰۰٪ نیاز آبی 100% water requirement	13.35 a	19.75 a	40.00 b	55.38 a	7.28 a	11.36 a
۷۵٪ نیاز آبی 75% water requirement	12.66 a	18.33 a	43.71 a	52.37 b	7.44 a	10.09 ab
۵۰٪ نیاز آبی 50% water requirement	13.33 a	18.66 a	45.73 a	50.45 c	6.24 b	9.51 b
کود شیمیایی (شاهد) Chemical fertilizer (control)	12.33 a	18.33 a	44.44 a	53.69 c	6.41 b	10.12 b
کود مرغی Chicken manure	13.00 a	18.33 a	43.39 ab	56.35 b	7.29 a	11.09 a
پودر خون Blood meal	13.66 a	19.05 a	42.29 b	55.72 b	7.28 a	10.56 a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از عامل اصلی مربوطه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Means with the same letters in each column of the related main factor did not differ significantly at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

پودر خون در افزودن اسیدهای آلی خاک قبلاً در پژوهش‌های یانتا و همکاران (Yunta et al., 2013) و پولیکوییت و گاموسا (Poliquit & Gamusa, 2022) نیز به اثبات رسیده است. افزایش سرعت رشد گیاهان، تشکیل تاج‌پوشش سریع‌تر در نتیجه مصرف پودر خون به‌ویژه در شرایط کم‌آبیاری می‌تواند به‌دلیل وجود نسبت کربن به نیتروژن پایین و لیگنین در حد صفر نسبت به نیتروژن باشد که این دو عامل، معدنی شدن سریع‌تر و در نتیجه فراهمی بیشتر نیتروژن را در پودر خون و افزایش کارایی جذب نیتروژن را در گیاه به دنبال دارد. همچنین به‌دلیل اینکه آهن خون به‌شکل کلات می‌باشد، لذا این امر سبب می‌شود که آهن از واکنش‌های شیمیایی و تبدیل شدن به شکل‌های غیرقابل استفاده محافظت شود (Koenig & Johnson, 1999; Momtaz et al., 2021).

تغییرات میزان کلروفیل، شاخص سطح برگ و به‌دنبال آن افزایش وزن تر و خشک ساقه، می‌تواند ناشی از اثر مستقیم کود مرغی و پودر خون در فراهم کردن متعادل و متوازن مواد غذایی ریزمغذی و پرمصرف در خاک و دسترسی سریع‌تر ریشه‌ها به کلیه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود رشد نسبی در گیاهان تیمار شده باشد. دلیل دیگر اثرات مثبت پودر خون در افزایش شاخص‌های رشد سیب‌زمینی می‌تواند ناشی از اثرات غیرمستقیم پودر خون در افزودن اسیدهای آلی به خاک و کمک به کلاته شدن و جذب و انتقال عناصر آهن و روی و سایر عناصر کم‌مصرف باشد. شریعتمداری (Shariatmadari, 1989) توان پودر خون در جذب یا کلاته نمودن آهن محلول خاک را مورد بررسی قرار داد و اعلام کرد که پودر خون قادر به جذب آهن بیشتر از محلول‌های استاندارد می‌باشد. تأثیر مثبت

جدول ۴- اثرات متقابل سطوح آبیاری × تیمارهای کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر صفات رشد سیب‌زمینی
 Table 4- The interaction effect of irrigation levels × chemical fertilizer, chicken manure, and blood meal treatments on the potato growth traits

تیمارها Treatments	زمان لازم تا کسب ۵۰ درصد جوانه‌زنی Time to fifty percent Germination	تکمیل جوانه‌زنی Complete germination	زمان رسیده به پوشش کامل Overlapping time	ارتفاع بوته در گل‌دهی Height of plant in flowering time	تعداد استولون در گیاه Stolon number per plant	طول استولون Stolon length
۱۰۰٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 100% water requirement × chemical fertilizer	12.66 a*	18.00 b	38.33 gh	53.40 b	7.16 ab	11.20 a
۱۰۰٪ نیاز آبی × کود مرغی 100% water requirement × chicken manure	13.33 a	18.66 ab	41.70 efg	56.33 a	7.58 ab	11.52 a
۱۰۰٪ نیاز آبی × پودر خون 100% water requirement × blood meal	12.66 a	18.66 ab	40.00 g	56.40 a	7.16 ab	11.36 a
۷۵٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 75% water requirement × chemical fertilizer	12.66 a	19.00 ab	46.66 b	48.56 d	6.86 b	11.11 a
۷۵٪ نیاز آبی × کود مرغی 75% water requirement × chicken manure	13.33 a	19.33 ab	42.27 ef	53.98 b	7.65 ab	11.32 a
۷۵٪ نیاز آبی × پودر خون 75% water requirement × blood meal	13.16 a	19.00 ab	42.22 ef	53.92 b	7.82 a	10.27 b
۵۰٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 50% water requirement × chemical fertilizer	13.33 a	18.66 ab	48.33 a	45.86 e	5.21 c	8.05 c
۵۰٪ نیاز آبی × کود مرغی 50% water requirement × chicken manure	12.66 a	19.66 a	44.22 cd	52.88 c	6.65 b	10.45 b
۵۰٪ نیاز آبی × پودر خون 50% water requirement × blood meal	13.00 a	19.00 ab	44.66 cd	52.62 c	6.86 b	10.05 b

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* The means with similar letters in each column did not have a significant difference at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

ب- اندازه غده، عملکرد کل، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب

براساس تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۷) مشخص شد که اثر رقم و تیمار آبیاری بر تولید غده در اندازه ریز، بذری و خوراکی، عملکرد کل و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار شد. درصد ماده خشک غده از نظر آماری و در سطح پنج درصد تحت تأثیر نوع رقم قرار نگرفت، اما تیمار آبیاری بر درصد ماده خشک غده تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد ($p \leq 0.05$) داشت. نوع کود مصرفی بر متوسط تعداد غده در هر سه اندازه ریز، بذری و خوراکی و همچنین کارایی مصرف آب در سطح یک درصد ($p \leq 0.01$) و بر عملکرد و درصد ماده خشک غده در سطح پنج درصد

($p \leq 0.05$) معنی‌دار شد. هیچ‌کدام از اثرات متقابل دوجانبه رقم × تیمار آبیاری، رقم × کود شیمیایی، مرغی و پودر خون و اثر سه‌جانبه رقم × تیمار آبیاری × کود شیمیایی، مرغی و پودر خون بر تولید غده در سه اندازه ریز، بذری و خوراکی، عملکرد کل، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب معنی‌دار نشدند. اما اثر متقابل تیمار آبیاری × کود شیمیایی، مرغی و پودر خون در متوسط تولید غده در هر سه اندازه خوراکی، بذری و ریز و همچنین ماده خشک غده، عملکرد کل و نیز کارایی مصرف آب معنی‌دار شد (جدول ۷). با معنی‌دار نشدن اثر متقابل رقم در تیمار آبیاری و همچنین رقم در نوع کود بر تعداد غده تولیدی، عملکرد کل، درصد ماده خشک غده و همچنین کارایی مصرف آب به‌خوبی مشخص می‌شود که دو رقم سیب‌زمینی 'سانته' و

بُانبا' واکنش یکسانی به تغییرات سطوح آبیاری و همچنین نوع کود مصرفی در تمامی صفات مذکور داشته و اثرگذاری نوع کود و تیمار آبیاری بر این صفات در هر دو رقم روندی مشابه داشته. معنی‌دار شدن اثر متقابل سطوح آبیاری و نوع کود مصرفی، حاکی از اثرگذاری متفاوت نوع کود مصرفی در سطوح مختلف آبیاری بر صفات مذکور دارد.

با مقایسه میانگین تیمارها مشخص شد که مصرف کود مرغی و همچنین پودر خون با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در متوسط تعداد غده تولیدی در اندازه بذری و ریز، افزایش معنی‌داری ایجاد نکرد و صرفاً در اندازه غده خوراکی مصرف کود مرغی و پودر خون منجر به تولید تعداد غده خوراکی بیشتری شد. در مقابل با کاهش میزان آب آبیاری، مصرف کود مرغی و پودر خون در مقایسه با کود شیمیایی منجر به افزایش قابل توجه تعداد غده در دو اندازه بذری و خوراکی شد. اما در تعداد غده ریز برعکس عمل کرده و با مصرف کود شیمیایی غده‌های غیر بذری (کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر) افزایش پیدا کرد (جدول ۸ و ۹). متوسط تعداد غده ریز، درشت و بذری در تیمارهای کود مرغی و پودر خون با سطح آبیاری ۷۵ درصد به‌ترتیب ۶/۶۶، ۱۱/۲۱، ۳۱/۵۴ و ۷/۳۳، ۱۲/۵۶ و ۱۳/۲۵ عدد در مترمربع بود که در مقایسه با میزان آن‌ها (با متوسط تعداد ۹/۵۸ غده ریز، ۸/۶۷ غده درشت و ۲۸/۸۱ غده

بذری در مترمربع) در استفاده از کود شیمیایی و در سطح آبیاری ۷۵ با آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. در سطح آبیاری ۵۰ درصد نیز وضعیت به همین صورت بود، به‌طوری‌که متوسط تعداد غده ریز، درشت و بذری در تیمارهای کود مرغی و پودر خون با سطح آبیاری ۵۰ درصد به‌ترتیب ۸/۳۶، ۱۰/۳۲، ۲۷/۵۱ و ۸/۷۲، ۱۰/۷۱، ۲۹/۳۱ عدد در مترمربع بود که در مقایسه با میزان آن‌ها در استفاده از کود شیمیایی و در سطح آبیاری ۵۰ درصد با متوسط تعداد ۱۱/۶۸ غده ریز، ۷/۳۵ غده درشت و ۲۲/۵۸ غده بذری در مترمربع در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. مصرف کود مرغی و پودر خون در مقایسه با کود شیمیایی در هر سه سطح آبیاری منجر به افزایش قابل توجه میزان عملکرد کل شد، اما این تأثیر مثبت متناسب با میزان کاهش سطح آبیاری به مراتب بیشتر بود، به‌طوری‌که با مصرف کود مرغی و پودر خون در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی، افزایش ۲/۹۹ تن در هکتار و در تیمار آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد، به‌ترتیب افزایش ۳/۸۶ و ۳/۷۶ تن در هکتار ایجاد شد. اثرات استفاده از کود مرغی و پودر خون در افزایش عملکرد تقریباً یکسان بود و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۹).

جدول ۵- اثرات اصلی رقم، سطوح آبیاری و تیمارهای کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر صفات رشد سیب‌زمینی

Table 5- The main effects of cultivar, irrigation levels, chemical fertilizer, chicken manure and blood meal treatments on the potato growth traits

تیمارها Treatments	میزان کلروفیل Chlorophyll (mg.g ⁻¹)	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
سَانتِه Sante	1.97 a	3.97 a	643.25 b	91.31 b	254.34 b	24.23 b
بُانبا Banba	2.03 a	4.12 a	652.34 a	97.12 a	259.12 a	25.64 a
۱۰۰٪ نیاز آبی 100% water requirement	2.09 a	4.08 a	650.60 a	94.61 a	250.32 a	21.42 a
۷۵٪ نیاز آبی 75% water requirement	1.95 a	3.80 b	615.53 b	89.12 b	243.84 b	21.02 a
۵۰٪ نیاز آبی 50% water requirement	1.9 a	3.58 c	581.88 c	81.16 c	229.01 c	19.23 b
کود شیمیایی (شاهد) Chemical fertilizer (control)	1.85 c	3.58 b	603.81 c	85.28 b	228.89 b	18.92 b
کود مرغی Chicken manure	1.99 b	3.94 a	621.44 b	89.71 b	247.04 a	21.88 a
پودر خون Blood meal	2.22 a	3.93 a	622.76 ab	91.78 a	247.98 a	21.64 a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از عامل اصلی مربوطه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند

* Means with the same letters in each column of the related main factor did not differ significantly at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

جدول ۶- اثرات متقابل سطوح آبیاری × تیمارهای کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر صفات رشد سیبزمینی
 Table 6- The interaction effect of irrigation levels × chemical fertilizer, chicken manure, and blood meal treatments on the potato growth traits

تیمارها Treatments	میزان کلروفیل Chlorophyll (mg.g ⁻¹)	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
۱۰۰٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 100% water requirement × chemical fertilizer	2.03a	4.15a	653.14c	100.00abc	258.50bc	24.27def
۱۰۰٪ نیاز آبی × کود مرغی 100% water requirement × chicken manure	2.03a	4.19b	655.01bc	93.59def	263.60a	25.68abc
۱۰۰٪ نیاز آبی × پودر خون 100% water requirement × blood meal	2.13a	4.10bc	675.73a	104.92a	261.88ab	25.56bcd
۷۵٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 75% water requirement × chemical fertilizer	1.90bc	3.81e	614.45de	88.71fg	241.67e	23.35f
۷۵٪ نیاز آبی × کود مرغی 75% water requirement × chicken manure	2.02ab	4.11bc	661.21bc	95.73cde	259.75bc	26.25abc
۷۵٪ نیاز آبی × پودر خون 75% water requirement × blood meal	2.17a	4.08bc	658.72bc	97.73bcd	261.01abc	26.22abc
۵۰٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 50% water requirement × chemical fertilizer	1.66d	3.19f	656.87g	82.06g	219.60f	21.08g
۵۰٪ نیاز آبی × کود مرغی 50% water requirement × chicken manure	1.85c	3.84de	603.97ef	87.58fg	249.35d	25.16cde
۵۰٪ نیاز آبی × پودر خون 50% water requirement × blood meal	2.05a	3.79e	596.98f	87.73fg	249.91e	24.08ef

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* The means with similar letters in each column did not have a significant difference at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

میزان کارایی مصرف آب با سطح آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد نیاز آبی) تحت تأثیر نوع مصرف کود قرار نگرفت. اما با کاهش میزان آب آبیاری، نوع کود تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب گذاشت، به‌گونه‌ای که به‌ترتیب از میزان ۱۰/۲۳ و ۱۳/۵۶ کیلوگرم در مترمکعب آب مصرفی و در تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی و در استفاده از کود شیمیایی به‌مقدار ۱۱/۴۱ و ۱۴/۶۳ کیلوگرم در مترمکعب با استفاده از کود مرغی و پودر خون افزایش پیدا کرد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین کود مرغی و پودر خون از نظر میزان افزایش کارایی مصرف در

استفاده از کود مرغی و پودر خون و در هر دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی، تأثیر معنی‌داری بر میزان ماده خشک غده ایجاد نکرد. اما کاربرد کود مرغی و پودر خون در سطح آبیاری ۵۰ درصد، مقدار ماده خشک غده را نسبت به استفاده از کود شیمیایی به‌صورت معنی‌داری در هر دو رقم سیبزمینی افزایش داد. متوسط میزان ماده خشک غده در استفاده از کود مرغی و پودر خون و در سطح آبیاری ۵۰ درصد به‌ترتیب ۱۹/۸۵ و ۱۹/۶۵ درصد بود که با مقدار آن در تیمار کود شیمیایی (متوسط ۱۸/۲۴ درصد) تفاوت معنی‌دار داشت.

هر دو سطح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد مشاهده نشد و با اختلاف بسیار جزئی اثرات مشابهی داشتند (جدول ۹).

در این آزمایش نتیجه گرفته شد که کود مرغی و پودر خون هر دو نقش قابل توجهی در بالا بردن تعداد کل غده تولیدی و به‌ویژه در اندازه بذری داشتند. اثرات پودر خون و کود مرغی در افزایش تعداد غده در بوته تأثیر مستقیم بر میزان عملکرد کل داشت. این اثرات مثبت در افزایش تعداد غده و به‌تبع آن بالا بردن عملکرد، هماهنگی کامل با میزان جذب و سرعت به‌کارگیری عناصر غذایی ریزمغذی به‌ویژه آهن و همچنین عناصر پرمصرف فسفر و نیتروژن دارد (داده‌های دیگر حاصل از انجام این تحقیق در ارزیابی میزان جذب عناصر غذایی). در خصوص عنصر فسفر، اگرچه میزان فسفر پودر خون ناچیز می‌باشد (حدود ۰/۲۳ تا ۰/۲۵ درصد)، اما به‌دلیل اثرات مفید پودر خون در افزایش سطح اسیدهای آلی در ریزوسفر ریشه، بالا بردن فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات در خاک و سایر قارچ‌های مفید خاکزی، نقش قابل توجهی در فعالیت بیولوژیکی خاک و آزادسازی فسفر از بخش ذخیره، تثبیت‌شده و غیرمتحرک خاک دارد. در پژوهش لی (Lee, 2010) و همچنین غلامی و همکاران (Gholami et al., 2023) نقش مؤثر پودر خون در افزایش ظرفیت بیولوژیکی خاک با بالا رفتن فعالیت زیستی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و همچنین ازتوباکترها و تسریع در احیاء نیترات و کاهش نیترات‌زدایی به اثبات رسیده است. تأثیر مثبت پودر خون در افزایش جذب نیتروژن و آهن و بالا رفتن حجم زیست‌توده گیاهی و در نتیجه عملکرد کل با گزارش روی و همکاران (Roy et al., 2015) در گوجه فرنگی، محصلی و فربود (Mohasseli & Farbood, 2019) روی بادنجه، ممتاز و همکاران (Momtaz et al., 2021) روی پیاز و پولیکوییت و گاموسا (Poliquit & Gamusa, 2022) روی کلم به اثبات رسیده است.

افزایش تعداد غده در بوته در سیب‌زمینی، با تأخیر در ورود به گل‌دهی و افزایش سطح برگ و رشد ساقه در مرحله استولون‌زایی تا قبل از شروع غده‌زایی همبستگی مثبت داشت (Menzel, 1985). در این پژوهش، پودر خون با تأثیر مثبت بر وزن تر و خشک ساقه و ریشه سیب‌زمینی، افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد و ایجاد پوشش کامل در مرحله استولون‌زایی، بر تعداد غده و در نهایت عملکرد کل اثرگذار بود. براساس نتایج این پژوهش مشخص شد که

در شرایط تنش شدید، استفاده از پودر خون از طریق آزادسازی اسیدهای آمینه و همچنین کمک به جذب و به‌کارگیری عناصر غذایی، اثرات تنش آبی را تعدیل و تا حدودی کم‌آبیاری را جبران کرد. این اثرات مثبت سبب افزایش تعداد غده و همچنین عملکرد کل نسبت به استفاده صرف از کود شیمیایی (شاهد) در تیمارهای کم‌آبیاری شد.

مقدار ماده خشک غده در سیب‌زمینی با مقدار جذب عناصر غذایی و همچنین میزان ماده خشک ساقه و ریشه همبستگی مثبت داشت (Ekelof, 2007). با توجه به اینکه فسفر، عنصری ضروری برای متابولیسم‌های گیاهی به‌خصوص در متابولیسم کربوهیدرات است، تأمین فسفر مورد نیاز گیاه و تقویت انجام متابولیسم‌های لازم باعث افزایش ذخیره کربوهیدرات غده می‌شود. چون در غده سیب‌زمینی بیشترین میزان کربوهیدرات ذخیره نشاسته می‌باشد، این امر باعث افزایش ماده خشک گیاه و در نتیجه ماده خشک غده‌ها می‌شود (Carl & Peter, 2008). همچنین با تجزیه برگی مشخص شد که در گیاهان تیمار شده با پودر خون، سطح جذب فسفر و همچنین عناصر ریزمغذی و به‌ویژه آهن افزایش معنی‌دار داشت (داده‌های دیگر حاصل از انجام این تحقیق). نقش عنصر آهن در تحریک سنتز کلروفیل، افزایش ظرفیت فتوسنتز و در نتیجه کمک به تجمع زیست‌توده گیاهی کاملاً مشخص شده است. بر این اساس می‌توان بخشی از دلایل افزایش ماده خشک غده به‌ویژه در تیمارهای تنش را به اثرات مثبت ناشی از تأثیر پودر خون بر فراهم نمودن نیتروژن و آهن و کمک به جذب و به‌کارگیری فسفر، روی و منگنز و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتز، سرعت آسمیلاسیون و در نهایت تجمع مواد ذخیره‌ای کربوهیدرات در غده‌ها نسبت داد.

دلیل محکم و قابل قبول افزایش میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای تنش (به‌ویژه در تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی) با مصرف پودر خون در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی، می‌تواند افزایش قابل توجه میزان عملکرد در تیمار پودر خون در مقایسه با کود شیمیایی در شرایط کم‌آبیاری باشد. به‌طوری‌که استفاده از پودر خون در دو شرایط ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی نسبت به مصرف کود شیمیایی در همین سطوح آبیاری به‌ترتیب ۳/۳۵ و ۳/۹۲ تن افزایش عملکرد در هکتار ایجاد کرد، درحالی‌که عملاً میزان آب یکسانی به مصرف رسیده بود.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثرات رقم، سطوح آبیاری و کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر اندازه غده، عملکرد، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب در سیب زمینی
Table 7- ANOVA for the effects of cultivar, irrigation levels, chemical fertilizer, chicken manure, and blood meal on the tuber size, yield, tuber dry matter percentage and water use efficiency of potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Means of squares					کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg.m ⁻³)
		تعداد غده بذری در متر مربع Seed tuber size (Number per m ²)	تعداد غده درشت در متر مربع Larg tuber size (Number per m ²)	تعداد غده ریز در متر مربع Small tuber size (Number per m ²)	عملکرد کل Total yield (ton.ha ⁻¹)	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	
تکرار Replication	2	0.32 ns	4.62 ns	0.36 ns	0.019 ns	0.034 ns	0.09 ns
رقم Cultivar (A)	1	19.78 **	3.30 **	12.26 **	42.13 **	0.55 ns	3.04 **
تیمار آبیاری Water treatment (B)	2	182.65 **	79.28 **	68.36 **	631.82 **	1.54 *	163.21 **
رقم × آبیاری A × B	2	0.32 ns	0.65 ns	5.94 ns	15.02 ns	0.07 ns	0.09 ns
کود شیمیایی، مرغی و پودر خون Chemical fertilizers, chicken manure and blood meal (C)	2	68.62 **	36.72 **	50.36 **	56.31 *	1.68 *	7.46 **
رقم × کود A × C	2	1.89 ns	0.24 ns	0.92 ns	8.03 ns	0.06 ns	0.08 ns
آبیاری × کود B × C	4	18.12 **	5.02 *	22.68 **	15.94 *	1.65 **	2.25 **
رقم × آبیاری × کود A × B × C	4	1.63 ns	0.74 ns	0.91 ns	9.63 ns	0.18 ns	0.02 ns
خطای Error	36	3.01	1.71	2.05	14.64	0.37	0.045
کل Total	53						
ضریب تغییرات CV (%)		5.15	9.32	13.64	9.12	3.51	2.05

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

جدول ۸- اثرات اصلی رقم، سطوح آبیاری و تیمارهای کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر اندازه غده، عملکرد کل، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب در سیبزمینی

Table 5-The main effects of cultivar, irrigation levels, chemical fertilizer, chicken manure, and blood meal treatments on the tuber size, total yield, tuber dry matter percentage and water use efficiency of potato

تیمارها Treatments	تعداد غده بذری در مترمربع Seed tuber size (number per m ²)	تعداد غده درشت در مترمربع Larg tuber size (number per m ²)	تعداد غده ریز در مترمربع Small tuber size (number per m ²)	عملکرد کل (ton.ha ⁻¹)	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg.m ⁻³)
سانته Sante	34.96 a*	10.52 b	5.02 b	39.82 b	19.87 a	14.65 a
بانبا Banba	32.84 b	12.31 a	7.85 a	45.23 a	20.52 a	12.38 b
۱۰۰٪ نیاز آبی 100% water requirement	32.23 a	13.65 a	5.71 c	46.68 a	20.69 a	9.56 c
۷۵٪ نیاز آبی 75% water requirement	30.53 b	10.81 b	7.85 b	39.27 b	20.48 a	11.02 b
۵۰٪ نیاز آبی 50% water requirement	26.34 c	9.46 c	9.58 a	34.51 b	19.24 b	14.27 a
کود شیمیایی (شاهد) Chemical fertilizer (control)	28.01 c	9.52 b	9.08 a	38.53 b	19.66 b	11.03 b
کود مرغی Chicken manure	30.70 a	11.89 a	6.84 b	41.21 a	20.43 a	11.95 a
پودر خون Blood meal	31.39 a	12.50 a	7.23 b	40.73 a	20.31 a	11.87 a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از عامل اصلی مربوطه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* Means with the same letters in each column of the related main factor did not differ significantly at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

نتیجه‌گیری

در مجموع، براساس نتایج این آزمایش مشخص شد که مصرف کود مرغی و پودر خون در مقایسه با کود شیمیایی، رشد رویشی و عملکرد را در سیبزمینی به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد. همچنین اثربخشی هر دو نوع کود آلی در مقایسه با کود شیمیایی در شرایط کم‌آبیاری بیشتر بوده و لذا مصرف این دو کود آلی و به‌ویژه پودر خون می‌توانند در شرایط تنش آبی بخش قابل توجهی از کاهش

عملکرد را جبران نمایند. در ضمن، مصرف پودر خون علاوه بر تأمین نیاز غذایی کافی در محصول سیبزمینی، با اثرات مثبت دیگری از قبیل افزایش اسیدهای آلی و آمینواسیدها به خاک همراه می‌باشد که به‌نوبه خود منجر به احیاء و پویایی فعالیت بیولوژیکی خاک و پایداری تولید محصول سیبزمینی در اغلب مناطق سیبزمینی‌کاری کشور می‌گردد.

جدول ۹- اثرات متقابل سطوح آبیاری × تیمارهای کود شیمیایی، کود مرغی و پودر خون بر اندازه غده، عملکرد کل، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب در سیب‌زمینی

Table 9- The interaction effect of irrigation levels × chemical fertilizer, chicken manure, and blood meal treatments on the tuber size, total yield, and tuber dry matter percentage and water use efficiency of potato

تیمارها Treatments	تعداد غده بذری در مترمربع Seed tuber size (number per m ²)	تعداد غده درشت در مترمربع Larg tuber size (number per m ²)	تعداد غده ریز در مترمربع Small tuber size (number per m ²)	عملکرد کل Total yield (ton.ha ⁻¹)	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg.m ⁻³)
۱۰۰٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 100% water requirement × chemical fertilizer	32.65ab*	12.56b	6.00d	44.35b	20.31a	9.32e
۱۰۰٪ نیاز آبی × کود مرغی 100% water requirement × chicken manure	33.42a	14.15a	5.50d	47.71a	20.85a	9.65e
۱۰۰٪ نیاز آبی × پودر خون 100% water requirement × blood meal	33.61a	14.23a	5.64d	46.98a	20.91a	9.72e
۷۵٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 75% water requirement × chemical fertilizer	28.81c	8.67e	9.58b	36.27d	20.45a	10.23d
۷۵٪ نیاز آبی × کود مرغی 75% water requirement × chicken manure	31.54b	11.21bc	6.66d	40.65c	20.61a	11.46c
۷۵٪ نیاز آبی × پودر خون 75% water requirement × Blood meal	31.25b	12.56b	7.33d	39.62c	20.38a	11.37c
۵۰٪ نیاز آبی × کود شیمیایی 50% water requirement × chemical fertilizer	22.58d	7.350f	11.68a	31.67f	18.24c	13.56b
۵۰٪ نیاز آبی × کود مرغی 50% water requirement × chicken manure	27.51c	10.32d	8.36c	35.28e	19.85b	14.74a
۵۰٪ نیاز آبی × پودر خون 50% water requirement × blood meal	29.31c	10.71d	8.72c	35.59e	19.65b	14.52a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* The means with similar letters in each column did not have a significant difference at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

References

- Bhunja, S., Bhowmik, A., Mallick, R., Debsarcar, A., & Mukherjee, J. (2021). Application of recycled slaughterhouse wastes as an organic fertilizer for successive cultivations of bell pepper and amaranth. *Scientia Horticulture*, 280, 109927. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109927>
- Carl, J.R., & Peter, M.B. (2008). Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. *American Journal of Potato Research*, 85(2), 110-120. <https://doi.org/10.1007/s12230-008-9001-y>
- Ciavatta, C.M., Govi, L., Sitti, L., & Gessa, C. (1997). Influence of blood meal organic fertilizer on soil organic matter: A laboratory study. *Journal Plant Nutrition*, 20(11), 1573-1591. <https://doi.org/10.1080/01904169709365358>

4. Ejraei, A.K., & Karimian, N.A. (1997). *Comparison of iron release time from blood powder and iron sulfate used in a calcareous soil*. Sixth Iranian Soil Science Congress. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. pp. 178-179. (in Persian with English abstract).
5. Ekelof, J. (2007). *Potato yield and tuber set as affected by phosphorous fertilization*. Master Project in the Horticultural Science Program, Netherland, Ed (ECTS). pp. 2-20. (30 p).
6. Gee, G.W., & Bauder, J.W. (1986). *Particle-size analysis*. pp. 383-411. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
7. Gholami, M., Sharifi, Z., & Renella, G. (2023). Agro-environmental assessment of recycling abattoir blood meal powder as an organic fertilizer using soil quality index and hazard quotient. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, Special Issue*, 75-91. <https://doi.org/10.30486/IJROWA.2023.1963320.1506>
8. Ghorbanzadeh, N., Haqnia, G.H., Lakzian, A., & Fatout, A. (2008). Availability of nitrogen and iron from soil enriched with blood powder and its effect on corn plant growth. *Journal of Water and Soil*, 22(2), 175-186. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i22.1015>
10. Gross, J. (1991). *Pigments in Vegetables*. 2th ed. Von Nostrand Rrinhold, New York. 351 p.
11. Hassan-Panah, D., & Hassan-Abadi, H. (2018). Studying the tolerance of promising potato cultivars and clones to low irrigation. *Scientific Research Journal of Ecophysiology of Crop Plants and Weeds*, 16, 1-18. (In Persian with English abstract).
12. Jackson, D.S (1999). Multiple signaling pathways control tuber induction in potato plant. *Plant Physiology Journal*, 119, 1-8. <https://doi.org/10.1104/pp.119.1.1>
13. Khatar, M., Mohammadi, M.H., & Shekari, F. (2017). Effect of soil salinity on the wheat and bean nutrients in low matric suctions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(1), 25-38. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2017.61338>
14. Koenig, R., & Johnson, M. (1999). Selection and using organic fertilizers. Utah State University Extension. Department of Agriculture, Utah State University: Logan, UT, USA.
15. Lee, J. (2010). Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production, *Science Horticulture*, 124, 299-305. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.004>
16. Menzel, C.M. (1985). Tubertization in potato at high temperature: Interaction between tem-perature and irradiance. *Annual Botany*, 55, 35-39.
17. Mohasseli, V., & Farbood, F. (2019). The possibility of replacing blood powder instead of Fe EDDHA consumption in *Melissa Officinalis* L. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(3), 457-463. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/gsc.v17i3.74666>
18. Momtaz, N., Parvin, A., Hossain, M.K., Saha, B., Moniruzzaman, M., Kibria, A., Sarkerand, M.A.M., & Munshi., J.L. (2021). Blood meal organic fertilizer application on onion yield. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 56(2), 87-94. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v56i2.54315>
19. Nelson, D.W., & Sommers, L.E. (1982). *Total carbon, organic carbon and organic matter*. In: D.L.Sparks A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabaei, C.T. Johnson and M.E. Sumner (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*. Soil Sci. Soc. Am. Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI, USA. pp. 967-1010.
20. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. & Dean, L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular. 939. US Gov. Print. Office, Washington, DC.
21. Poliquit, D.E., & Gamusa, E.V. (2022). Soil chemical properties as BM strengths on fertilizer in cabbage (*Brassica oleracea* var. Capitata) under protected cultivation. *Journal of the Austrian Society of Agricultural Economics*, 18, 977-987.
22. Roy, M., Das, R., Kundu, A., Karmakar, S., Das, S., Sen, P., Debsarcar, A., & Mukherjee, J. (2015). Organic cultivation of tomato in India with recycled slaughterhouse wastes: Evaluation of fertilizer and fruit safety. *Agriculture*, 5, 826–856. <https://doi.org/10.3390/agriculture503082>
23. Shariatmadari, H. (1989). *Investigating the possibility of using blood powder as iron fertilizer*. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, 112 p. (in Persian with English abstract)
24. Solomon, S. (2004). *Organic Gardener's Composting*. Chapter 4. All about Materials. p. 49-66.
25. Yuan, G., Ligu, J., Bo, H., Ashok, A., & Mingshou, F. (2014). Potato stolon and tuber growth influenced by nitrogen form. *Plant Production Science*, 17(2), 138-143. <https://doi.org/10.1626/pp.17.138>
26. Yunta, F., Di Foggia, M., Bellido-Díaz, V., Morales-Calderón, M., Tessarin, P., López-Rayó, S., Tinti, A., Kovacs, K., Klencsar, Z., Fodor, F., & Rombola, A.D. (2013). Blood meal-based compound. Good choice as iron fertilizer for organic farming. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 3995–4003. <https://doi.org/10.1021/jf305563b>