# Crop Science Research in Arid Regions

**homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/**

**Research Article**
Volume 7, Issue 2, 2025, P. 443-461


# The effect of organic fertilizers and their integration on the yield of (*Lippia citrodora* L.) leaves and some physical and chemical characteristics of the soil in response to irrigation methods


**Marziyeh Habibi [a], Issa Khammari [*b], Seyed Ahmad Ghanbari [b], Mehdi Dahmardeh [b]**

[a] Ph.D Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[b] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[*]Corresponding Author: ikhammari@gmail.com



Received: 21 August 2023 Accepted: 26 September 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.349505.1253**

**How to cite this article:**
Habibi, M., Khammari, I., Ghanbari, S.A. and Dahmardeh, M., 2025. The effect of organic fertilizers and their integration on the yield of (*Lippia citrodora* L.) leaves and some physical and chemical characteristics of the soil in response to irrigation methods. *Crop Science Research in Arid Regions*, *7*(2), 443-461. https://doi.org/10.22034/csrar.2024.349505.1253



## Abstract

**Introduction:** One of the increasing methods of water consumption efficiency, is evaluation of irrigation systems especially surface irrigation systems as the most widely uses irrigation method. Organic materials also because of their benefical effects that have on physical, chemical, biological and fertility traits of soil, are considered one of the important aspects of soil fertility.in order to evaluate the consumption of organic fertilizers and their integration on economic yeild (leaf) of lemon verbena and some combination on leaf yield to lemon verbena (*Lippia citrodora* L.) and some physical and chemical characteristics of soil under different irrigation methods,

**Materials and Methods:** an experiment was performed as split plots based on a randomized complete block design was carried out at the Agricultural Research Institute of Zabol University (Chah Nimeh) with three replications in two cropping years 2017 and 2018. The main factor included three irrigation methods: flood irrigation, furrow irrigation and drip irrigation and the secondary factor included the use of organic fertilizers and their combination in 5 levels: no Consumption of fertilizer (control), cattle manure (30 tons per hectare), poultry manure (5 tons per hectare), vermicompost (5 tons per hectare), combination (15 tons per hectare of cattle manure + 2.5 tons per hectare of poultry manure). data related to evaluated traits were analized using SAS software (version 9.1). tables were drawn using word and excel software. Comparison of means treatment was done using Duncan's multiple range test at the 5% Probability level.

**Results and Discussion:** result showed that the highest economic yield (leaf) to lemon verbena was obtained by flooding irrigation method and lowest by drip irrigation method. In other words leaf yield decreased in the dripping method by 12.1% compared to the flooding method that this reduction can be attributed to soil salinity and high air temperature during the plant growth period and lack of sufficient leaching of saline solutions in the drip irrigation method, among organic fertilizers treatments the highest economic yield was obtained from 30 tons per hectare of cow manure treatment, and the lowest by control treatment. cow manure improves plant growth and yield by increasing the water holding capacity of the soil, incrasing soil microbial diversity, improving part of the nutrients

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

needed by plant. using organic fertilizer was increased soil nitrogen, potassium and sodium content and decreased soil bulk density. The highest amount of soil organic matter, soil phosphorous were obtained from interaction drip irrigation treatment and consumption of 30 tons of cow manure. There was no statistically significant difference between drip irrigation and half cow manure +half poultry manure treatment. Increasing amount of soil organic matter in these treatments can be because of increasing carbon input from cow manure. interaction between effect of cow manure and drip irrigation increases soil organic matter by increasing the availability of soil nutrients along with ability to hold soil moisture because of creating a favourable environment for activity of soil microorganisms.
**Conclusion:** Therefore, it can be said to substitude organic fertilizers instead of chemical fertilizers in lemon verbena improves physical and chemical properties of soil and reduces environmental effects of chemical fertilizer, also use of drip irrigation greatly reduces water consumption in lemon cultivation compared to traditional irrigation methods.
**Keywords:** Drip irrigation, Economic yield, High consumption elements, Organic matter percentage

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۴، ص ۴۶۱-۴۴۳

مقاله پژوهشی

# تأثیر کودهای آلی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد برگ به لیمو و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در پاسخ به روش‌های آبیاری

مرضیه حبیبی[۱]، عیسی خمری*[۲]، سید احمد قنبری[۲]، مهدی دهمرده[۲]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: ikhammari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴ DOI: 10.22034/CSRAR.2024.349505.1253

## چکیده

به منظور ارزیابی مصرف کودهای آلی بر عملکرد اقتصادی به لیمو (*Lippia citrodora* L.) و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت روش‌های مختلف آبیاری، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در پژوهشکده کشاورزی اجرا گردید. عامل اصلی: آبیاری غرقابی، آبیاری جوی و پشته، آبیاری قطره‌ای و عامل فرعی کودهای آلی: شاهد، کود گاوی (۳۰ تن در هکتار)، کود مرغی ۵ (تن در هکتار)، ورمی کمپوست (۵ تن در هکتار) و تلفیق ۱۵ تن در هکتار کود گاوی+ ۲/۵ تن درهکتار کود مرغی بود. نتایج نشان داد که بالاترین میزان عملکرد اقتصادی به لیمو از روش آبیاری غرقابی و کمترین آن از روش آبیاری قطره‌ای بدست آمد. همچنین بالاترین عملکرد اقتصادی به لیمو از تیمار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی و کمترین آن از تیمار شاهد بدست آمد. با کاربرد کودهای آلی میزان نیتروژن، پتاسیم و سدیم خاک افزایش و وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت و بالاترین مقدار ماده آلی خاک و فسفر خاک از تیمار ترکیبی آبیاری قطره‌ای و مصرف ۳۰ تن کود گاوی بدست آمد. برهمکنش اثرات کود گاوی از طریق افزایش دسترسی به عناصر غذایی خاک همراه با توانایی ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در نتیجه آبیاری قطره‌ای باعث ایجاد محیطی مطلوب جهت فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود که باعث افزایش ماده آلی خاک میگردد. بنابراین می‌توان گفت جایگزینی کودهای آلی بجای کودهای شیمیایی در گیاه به لیمو باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش اثرات زیست¬محیطی کودهای شیمیایی می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری قطره‌ای، درصد ماده آلی خاک، عناصر پرمصرف، عملکرد اقتصادی

## مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی است. چنانچه حفاظت و مدیریت آن به دقت صورت نگیرد، می‌تواند رشد تولیدات کشاورزی را به طور قابل توجهی محدود نماید (Tiwari *et al.*, 2003). با عنایت به این مسئله که بخش کشاورزی با این واقعیت روبرو است که در آینده نزدیک می‌بایست علاوه بر مصرف آب کمتر، تولید بیشتری را عرضه نماید، در نتیجه پژوهش و مطالعه در مورد راهبردهای افزایش بهره‌وری آب نقش مهمی در نیل به کشاورزی پایدار خواهد داشت (Zheng *et al.*, 2013).

یکی از روش‌های افزایش کارایی و بهره‌وری مصرف آب ارزیابی سیستم‌های آبیاری و بویژه سیستم‌های آبیاری سطحی به عنوان پرکاربردترین روش آبیاری است (Ansari, 2011). در روش آبیاری غرقابی آب را در سطح خاک جاری می‌سازند بطوریکه تمامی سطح زمین با لایه‌ای از آب پوشیده شود آب ضمن جاری شدن روی سطح خاک به درون آن نفوذ و خاک را تا عمق مورد نظر خیس می‌کند (Alizadeh, 2010).

آبیاری جوی و پشته‌ای از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری سطحی است که حتی با انجام هزینه‌های گزاف و تسطیح اراضی، بازده آبیاری از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند و در وضعیت سنتی، که اکثر اراضی کشور ما به همین ترتیب آبیاری می‌شوند، این میزان حتی کمتر از ۳۵ درصد می‌باشد (Moradzadeh *et al.*, 2013).

یکی دیگر از روش‌های تأمین آب و مواد غذایی برای گیاه، استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار مانند آبیاری قطره‌ای است که علاوه بر کاهش آب مصرفی و افزایش بازدهی آبیاری، موجب توزیع یکنواخت‌تری از آب در سطح مزرعه می‌شود. همچنین در این روش نفوذ عمقی آب کمتر می‌باشد

(Hosseinpour *et al.*, 2006). آبیاری قطره‌ای یک روش آبیاری کم مصرف است که به طور گسترده در مناطق خشک جهان استفاده می‌شود (Aydinsakir, 2018).

در بررسی به منظور مطالعه اثر روش‌های غرقابی، جوی و پشته‌ای و آبیاری بارانی بر آبشویی نیترات و عملکرد آفتابگردان مشخص گردید که عملکرد دانه در گیاهان آبیاری شده با روش بارانی بیشتر و آبشویی نیترات کمتر از دو روش دیگر بود و در مقایسهٔ روش آبیاری جوی و پشته‌ای و کرتی، روش آبیاری جوی و پشته‌ای بهتر از کرتی می‌باشد (Rana *et al.*, 2006).

در بررسی روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای و کرتی بر دو رقم لوبیا طی سه تاریخ کاشت مختلف مشخص گردید که عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در کشت جوی و پشته‌ای به دلیل بستر مناسب و عدم ارتباط مستقیم آب با اندام‌های لوبیا، عملکرد بهتری نسبت به روش کرتی تولید نمود (Mehrpoyan *et al.*, 2011). در مقایسه با آبیاری غرقابی و جوی و پشته‌ای، آبیاری قطره‌ای آب را به طور یکنواخت در طول فصول زراعی توزیع نموده و از نفوذ عمیق آن جلوگیری بعمل می‌آورد (Wang *et al.*, 2020). در پژوهشی در طی سه سال، در مطالعه واکنش پنبه به دو روش آبیاری نشتی و قطره‌ای نتایج حاکی از آن بود که رشد و عملکرد پنبه‌های رشد یافته در آبیاری نشتی بسیار ضعیف‌تر از آبیاری قطره‌ای بود (Rajak *et al.*, 2006). در آزمایش دیگری محققین اثر سه روش آبیاری نشتی، بارانی و قطره‌ای را بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه ارزیابی کردند، عملکرد پنبه در روش قطره‌ای ۲۱ درصد بیشتر از نشتی و ۳۰ درصد بیشتر از روش بارانی بود (Cetin and Bilgel, 2008).

به لیمو (*Lippia citrodora* L.) گیاهی دارویی، درختچه‌ای چند ساله، متعلق به خانواده شاهپسند و بومی آمریکای جنوبی است (Portmann *et al.*, 2012). برگ‌های این گیاه حاوی اسانس است. اسانس به لیمو یکی از گران‌ترین و نایاب‌ترین اسانس‌ها در بازار بشمار می‌رود (Severin *et al.*, 2006). عمده‌ترین ترکیبات اسانس در برگ به لیمو، لیمونن، ۱ و ۸ سینئول، ژرانیال، نرال و بتاگوانین گزارش شده است (Lira *et al.*, 2008). در طب سنتی از به لیمو به عنوان ضد اسپاسم، هضم کننده و بعنوان یک گیاه آرام‌بخش با خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد التهابی استفاده می‌گردد (Martinez-Rodriguez *et al.*, 2015; Carrera-Quintanar *et al.*, 2012).

تغذیه گیاه بر عملکرد، میزان و کیفیت ترکیبات مواد مؤثره گیاهان دارویی تأثیر بسزایی دارد (Azeez *et al.*, 2010). مصرف روز افزون کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی منجر به بروز مشکلات زیست‌محیطی و بهداشتی فراوانی گردیده است. بعلاوه، هزینه بالای تولید این نهاده‌ها باعث توجه به استفاده از منابع جایگزین از قبیل کودهای آلی شده است (Haj Seyed Hadi and Rezaee Ghale, 2016). مواد آلی به علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک دارند یکی از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک شده و از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکرو ارگانیسم‌های خاک و میزان دسترسی به مواد غذایی، باعث افزایش باروری خاک می‌شوند. کودهای دامی علاوه بر تأمین مواد غذایی خاک، در اصلاح ساختمان خاک نیز نقش مهمی دارند.

کود گاوی یکی از انواع کودهای دامی است که با افزایش ظرفیت نگهداری آب توسط خاک، افزایش تنوع میکروبی خاک، بهبود ساختمان خاکدانه‌ها به همراه تأمین قسمتی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه، رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌دهد (Maguire *et al.*, 2011). خاک‌هایی که با کود دامی تغذیه می‌شوند، علاوه بر جمعیت میکروبی فعال‌تر و غنی‌تر، مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات قابل استفاده بیشتری نسبت به خاک‌های کشاورزی رایج دارند (Azeez *et al.*, 2010).

کود مرغی یکی دیگر از انواع کودهای دامی و منبع ماده آلی برای تقویت انواع خاک‌ها می‌باشد که علاوه برداشتن مواد مغذی، یکی از کودهای ارزان قیمت و مناسب در مقایسه با کودهای متداول می‌باشد (Lawrence *et al.*, 2008). کود مرغی دارای خواصی مانند آزادسازی تدریجی نیتروژن، کاهش آبشویی نیترات، ترکیبات و ماده آلی، افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی می‌باشد (Ghosh *et al.*, 2004).

ورمی کمپوست یک کود آلی بیولوژیک می‌باشد که از

طریق تبدیل پسماندهای آلی طی یک فرایند غیرگرما دوست توسط فعالیت مشترک کرم‌های خاکی و ریزجلندران خاک تولید می‌شود (Joshi *et al.*, 2015). این ماده دارای تخلخل زیاد، افزایش توانایی نگهداری آب در خاک، بهبود ظرفیت نگهداری عناصر غذایی، بهبود ساختمان خاک و افزایش فعالیت میکروبی خاک می‌گردد (Munroe, 2005).

با توجه به نوپا بودن کشت گیاه دارویی به لیمو و لزوم مطالعه روش‌های آبیاری مناسب منطقه در جهت مدیریت و صرفه جویی مصرف آب و حصول عملکرد مطلوب و همچنین کاهش اثرات زیست‌محیطی استفاده از کودهای شیمیایی در نتیجه مصرف کودهای آلی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کود آلی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد اقتصادی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گیاه به لیمو انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد برگ به لیمو و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در پاسخ به روش‌های آبیاری، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک (چاه نیمه) واقع در ۲۵ کیلومتری شهرستان زابل در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس طبقه‌بندی کوپن آب و هوای منطقه در اقلیم خشک و بسیار گرم با میانگین بارندگی سالیانه ۴۹ میلی‌متر قرار دارد.

آزمایش مورد استفاده بصورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در دو سال زراعی ۹۶ و ۹۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل روش‌های آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح (آبیاری کرتی، آبیاری جوی و پشته، آبیاری قطره‌ای با استفاده از نوار تیپ) و کودهای آلی و تلفیق آن‌ها بعنوان عامل فرعی در پنج سطح عدم مصرف کود (شاهد)، کود گاوی به میزان ۳۰ تن در هکتار، کود مرغی به میزان ۵ تن در هکتار، ورمی کمپوست به میزان ۵ تن در هکتار و تلفیق کود گاوی و کود مرغی (۱۵ تن در هکتار کودگاوی + ۲/۵ تن در هکتار کود مرغی) در نظر گرفته شد. قبل از تهیه بستر کاشت در اوایل بهار ابتدا با تهیه نمونه مرکب از پنج تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

**جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای طرح قبل از کاشت**

**Table 1- Physical and chemical properties of the soil at the site of the project before planting**

| بافت خاک Soil Texture | پتاسیم K (mg/kg) | فسفر P (mg/kg) | نیتروژن N (%) | اسیدیته Acidity (%) | کربن آلی OC (٪) | هدایت الکتریکی EC (dS/m) | سدیم Na (meq/lit) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sandy loam لوم شنی | 93.1 | 7.5 | 0.051 | 8.1 | 0.59 | 1.92 | 12.33 |

پس از آماده شدن زمین، کرت‌بندی در تیمارهای آبیاری غرقابی و ایجاد جوی و پشته در تیمارهای جوی و پشته‌ای و همچنین ایجاد فارو در تیمارهای مربوط به آبیاری قطره‌ای انجام گردید. کود گاوی و ورمی کمپوست از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل تهیه و جهت اعمال تیمارکود مرغی از کود مرغی تهیه شده از پژوهشکده دام‌های خاص دانشگاه زابل استفاده گردید که بصورت کاملاً پوسیده و بعد از احتساب درصد رطوبت برای هر کرت فرعی بطور دقیق محاسبه و با توجه به نقشه طرح آزمایشی به کرت‌های مورد نظر اضافه و تا عمق ۲۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید.

کاشت در هر دو سال مطالعه در دهه اول فروردین‌ماه انجام گرفت. کشت قلمه‌های ریشه‌دار به لیمو با دست بر روی چهار ردیف کاشت به طول ۴ متر و با فاصله بین ردیف ۶۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۶۰ سانتی‌متر (۲/۵۶ بوته در متر مربع) انجام گرفت. ویژگی‌های کود گاوی، کود مرغی و ورمی کمپوست استفاده شده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

Table 2- Chemical properties of organic fertilizers

| نوع کود آلی Type of organic fertilizer | سدیم Na (meq/litre) | هدایت الکتریکی EC (dS/m) | کربن آلی OC (٪) | کلسیم Ca (%) | نیتروژن N (%) | فسفر P (%) | پتاسیم K (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کود گاوی Cow manure | 0.24 | 7.9 | 20.8 | 2.33 | 0.33 | 0.08 | 0.25 |
| کود مرغی Poultry manure | 0.32 | 9.5 | 40.2 | 5.43 | 0.98 | 1.12 | 1.13 |
| ورمی کمپوست Vermicompost | 0.16 | 8.6 | 20.4 | 3.6 | 1.94 | 1.11 | 1.71 |

نوارهای آبیاری تیپ مورد استفاده در این تحقیق از نوار آبده آبیاری قطره‌ای با قطره چکان‌هایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی هشت لیتر در ساعت در هر متر از طول نوار استفاده شد. اندازه‌گیری آب مصرف شده در تیمارهای روش آبیاری غرقابی و جوی و پشته نیز با استفاده از کنتورهای حجمی انجام گردید. حجم آب مصرفی در آبیاری غرقابی ۸۱۵۰ متر مکعب، در آبیاری جوی و پشته ۶۲۳۰ متر مکعب و در سیستم آبیاری قطره‌ای ۳۹۶۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. EC آب آبیاری ۱۲۵۴ میلی موس بر متر بود. نیاز آبیاری براساس اطلاعات روزانه تشتک تبخیر کلاس A در ایستگاه مجاور مزرعه براساس روابط ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$ET0 = kp \times ETp \quad (۱)$$

$$ETc = kc \times ET0 \quad (۲)$$

که در این روابط ET0 میزان تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر)، kc و kp بترتیب ضریب تشتک تبخیر و ضریب گیاهی، ETp میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیرکلاسA (میلی‌متر)، ETc تبخیر و تعرق واقعی گیاه به لیمو (میلی‌متر) برای ضریب گیاهی به لیمو در این مزارع از داده‌های لایسیمتری اندازه‌گیری شده در دوره‌های کاشت قبلی استفاده شد. برای محاسبه ET0 روزانه از ضریب تشتک تبخیر و مقدار kcبا استفاده از لایسیمتر در مجاورت مزرعه مورد مطالعه محاسبه گردید.

برداشت گیاهان در هر سال، دو مرحله و در مرحله توسعه یافتگی برگ صورت پذیرفت که فاصله دو برداشت از یکدیگر حدود سه ماه بود. گیاهان برداشت شده برای خشک شدن به سایه و دمای معمولی منتقل شدند. بمنظور تعیین عملکرد برگ پس از رسیدگی و حذف حاشیه‌ها، برگ‌ها از دو متر مربع سطح کرت جمع‌آوری و سپس عملکرد اقتصادی (برگ) محاسبه شد. پس از برداشت محصول در سال اول و دوم نمونه خاک‌ها از کرت‌های مربوط به هر کدام از تیمارها از عمق ۵-۳۰ سانتی‌متری در سه تکرار تهیه و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد.

درصد نیتروژن کل با دستگاه کجلدال( Bremner and Mulvaney, 1982) ، فسفر قابل جذب به روش اولسن و سومرس (Olsen and Sommers, 1982)، پتاسیم قابل جذب و سدیم با محلول استات آمونیوم و با استفاده از روش فلیم فتومتری توسط دستگاه فلیم فتومتر ( JEN WAY- model pfp7)، pH در گل اشباع به وسیله pH متر، مقدار ماده آلی خاک با روش اکسیداسیون تر ( Nelson and Sommers, 1982)، و وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه و غوطه وری در پارافین مذاب (Blake and Hartge, 1986) اندازه‌گیری شد. در سال دوم تیمارها دقیقاً در کرت‌های سال اول قرار گرفتند وکلیه عملیات مربوط به سال اول، در سال دوم نیز تکرار گردید.

داده‌های مربوط به ویژگی‌های ارزیابی شده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه مرکب شد. رسم نمودارها و جداول با استفاده از Word و Excel انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### عملکرد برگ

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، آبیاری، کود و برهمکنش کود × سال بر عملکرد به لیمو در

سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به سال نشان می‌دهد که عملکرد برگ در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول ۲۰/۱ درصد افزایش داشته است (جدول ۴). این مسئله را می‌توان به افزایش شاخ و برگ گیاه به لیمو نسبت داد زیرا این گیاه چند ساله بوده و در سال دوم حجم شاخ و برگ و همچنین میزان برگ تولیدی آن افزایش یافته است.

مقایسه میانگین عملکرد برگ در روش‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین میزان عملکرد برگ از تیمار آبیاری به روش غرقابی و جوی و پشته بترتیب به میزان ۱۱۱۷/۵۰ و ۱۰۷۰/۰۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن با میانگین ۹۸۱/۸۳ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری قطره‌ای بدست آمد (جدول ۴). بعبارتی عملکرد برگ در روش قطره‌ای نسبت به روش غرقابی به میزان ۱۲/۱ درصد کاهش یافته است که این کاهش را می‌توان به شوری خاک و دمای بالای هوا در طول دوره رشد این گیاه و عدم آبشویی کافی املاح نمکی در روش آبیاری قطره‌ای نسبت داد. نتایج فوق با نتایج سایر محققین همخوانی دارد(Alva *et al.*, 2012).

**جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر روش‌های آبیاری و سطوح کودهای آلی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد اقتصادی و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک**

**Table 3- Combined analysis of variance of the effect of irrigation methods and levels of organic fertilizers and their combination on economic performance and some physical and chemical properties of soil**

| منبع تغییرات SOV | درجه آزادی df | میانگین مربعات Mean squars | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد اقتصادی EY (Kg.hec) | نیتروژن N (٪) | پتاسیم K (mg/kg) | فسفر P (mg/kg) | وزن مخصوص ظاهری Bulk density g/cm$^3$ | ماده آلی خاک SOM (٪) | سدیم خاک Na (meq/litre) |
| سال Year | 1 | 8421.4$^{**}$ | 0.0005$^{**}$ | 310.95$^{**}$ | 7.71 $^{ns}$ | 0.1284$^{**}$ | 0.0040 $^{ns}$ | 1.65$^{**}$ |
| خطای a Error a | 4 | 1051.67 | 0.000001 | 4.82 | 0.096 | 0.00002 | 0 | 0.073 |
| روش آبیاری Irrigation method | 2 | 1422.43$^{**}$ | 0.0003$^{**}$ | 132.69$^{*}$ | 10.18$^{**}$ | 0.0045$^{*}$ | 0.0004 $^{ns}$ | 2.84$^{**}$ |
| سال × روش آبیاری Year× Irrigation method | 2 | 1032.03 $^{ns}$ | 0. 000001 $^{ns}$ | 0.0799 $^{ns}$ | 0.0315 $^{ns}$ | 0.0013 $^{ns}$ | 0.0013 $^{ns}$ | 0.0059 $^{ns}$ |
| خطای b Error b | 8 | 13032.8 | 0.00001 | 16.49 | 0.32 | 0.0009 | 0.0024 | 0.301 |
| کود آلی Organic fertilizer | 4 | 1093.07$^{**}$ | 0.0006$^{**}$ | 535.64$^{**}$ | 7.78$^{**}$ | 0.0050$^{**}$ | 0.0114$^{**}$ | 2.79$^{**}$ |
| روش آبیاری × کود Irrigation method × Organic fertilizer | 8 | 1484.7 $^{ns}$ | 0.00001 $^{ns}$ | 0.8639 $^{ns}$ | 1.044$^{**}$ | 0.0005 $^{ns}$ | 0.0001$^{**}$ | 0.102$^{ns}$ |
| کود آلی× سال Organic fertilizer× year | 4 | 7385.7$^{**}$ | 0.00004$^{**}$ | 16.67$^{*}$ | 1.81$^{**}$ | 0.0020$^{*}$ | 0.0013$^{**}$ | 0.172 $^{ns}$ |
| روش آبیاری×کود آلی× سال Irrigation method×Organic fertilizer× year | 8 | 1031. 71 $^{ns}$ | 0.0000009 $^{ns}$ | 0.2611 $^{ns}$ | 0.3131$^{**}$ | 0.00038 $^{ns}$ | 0.00006$^{**}$ | 0.179 $^{ns}$ |
| خطای c Error c | 48 | 1229.5 | 0.000006 | 6.075 | 0.054 | 0.0005 | 0.000011 | 0.1993 |
| ضریب تغییرات CV (٪) | | 10.49 | 4.1 | 2.40 | 2.79 | 1.79 | 0.41 | 3.49 |

**،*، ns بترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری

,* ,**ns are significant at the level of one percent, five percent and no significance respectively

**جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی، نیتروژن، پتاسیم ،سدیم و وزن مخصوص ظاهری خاک کشت به لیمو تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی وتلفیق آن‌ها و روش‌های آبیاری**

**Table 4– Mean Comparison of economic yield, nitrogen, potassium, sodium and bulk density of soil to lemon verbena under the influence of different levels of organic fertilizers and theircombination and irrigation methods**

| تیمار Treatment | عملکرد اقتصادی EY (Kg/hec) | نیتروژن N (%) | پتاسیم K (mg/kg) | سدیم Na (meq/lit) | وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g/cm3) |
|---|---|---|---|---|---|
| سال زراعی Crop year | | | | | |
| ۱۳۹۶ 2017 | 959.73b | 0.058 b | 100.5 b | 12.64 b | 1.37a |
| ۱۳۹۷ 2018 | 1153.2a | 0.063a | 104.2a | 12.92a | 1.29b |
| روش آبیاری Irrigation method | | | | | |
| آبیاری غرقابی Flood irrigation | 1117.5 a | 0.057c | 100.3b | 12.47 b | 1.34 a |
| آبیاری جوی و پشته Furrow irrigation | 1070.07a | 0.060b | 102.3b | 12.79 b | 1.33 a |
| آبیاری قطره‌ای Drip irrigation | 981.8 b | 0.064a | 104.5a | 13.a08 | 1.32 b |
| نوع کود آلی Type of organic fertilizer | | | | | |
| عدم مصرف کود (شاهد) Control | 671.7d | 0.051d | 94.7 d | 12.55b | 1.36a |
| کود گاوی Cow manure | 1345.2a | 0.066 a | 109.5a | 13.32a | 1.31c |
| کود مرغی Poultry manure | 1069c | 0.062 b | 100.9c | 12.46b | 1.33b |
| ورمی کمپوست vermicompost | 1034.4c | 0.060 c | 101.8c | 12.49 b | 1.32bc |
| تلفیق نصف کود گاوی + نصف کود مرغی Combinaton half of cow manure+ half of poultry manure | 116.8b | 0.064a | 105b | 13.09 a | 1.32bc |

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5% level based on Duncan's multiple range test.

نتایج یک تحقیق در بررسی ارقام مختلف غده سیب زمینی تحت تأثیر روش‌های مختلف آبیاری کرتی، بارانی و قطره‌ای حاکی از آن بود که میزان عملکرد غده به میزان ۳۶/۸۴ تن در هکتار در آبیاری کرتی به طور معنی‌داری بیشتر از دو روش بارانی و قطره‌ای بود. بالا بودن عملکرد غده سیب زمینی در روش آبیاری کرتی احتمالاً به این دلیل است که با توجه به حجم آب بیشتر استفاده شده خاک همیشه دارای وضعیت رطوبتی مناسب بوده و گیاه انرژی کمتری را صرف جذب آب از خاک نموده است (Mastalizadeh *et al.*, 2020). در مطالعه دیگری با افزایش میزان آب مصرفی عملکرد محصول سیب زمینی افزایش پیدا کرد و تیمار شاهد دارای بیشترین عملکرد بود (Ghamarnia and Sepehri, 2009).

همچنین مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تیمارهای کودی نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد برگ ۱۳۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار مصرف کود گاوی به میزان ۳۰ تن در هکتار و پایین‌ترین میزان عملکرد برگ ۶۷۱/۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) می‌باشد که تیمار کود گاوی افزایش ۱۰۰/۲درصدی را نسبت به تیمار عدم

مصرف کود (شاهد) نشان می‌دهد (جدول ۴).

اثرات مثبت کودهای حیوانی بر باروری خاک، افزایش ماده آلی و غنی سازی خاک و در نهایت بهبود عملکرد گیاه توسط محققین مختلف مورد تأیید قرار گرفته است (Jahan *et al.*, 2011). کود گاوی با افزایش ظرفیت نگهداری آب توسط خاک، افزایش تنوع میکروبی خاک، بهبود ساختمان خاکدانه‌ها به همراه تأمین قسمتی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه، رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Maguire *et al.*, 2011). محققین گزارش نمودند که کاربرد زیر سطحی ۲۷ و ۴۰ تن در هکتار و تیمار پخش سطحی ۵۰ تن در هکتار کود گاوی بالاترین میزان عملکرد اقتصادی سیر را موجب شد (Amin *et al.*, 2018).

## ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

### نیتروژن

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که میان اثر سال، روش‌های آبیاری، کود و بر همکنش کود × سال از لحاظ میزان درصد نیتروژن خاک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۳). طبق مقایسه میانگین داده‌های مربوط به سال‌های انجام آزمایش درصد نیتروژن خاک در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول ۸/۶ درصد افزایش داشت. بر طبق مقایسه میانگین روش‌های آبیاری بیشترین مقدار درصد نیتروژن خاک (۰/۰۶۴ درصد) بعد از برداشت محصول از روش آبیاری قطره‌ای و کمترین آن به میزان (۰/۰۵۷ درصد) از روش آبیاری غرقابی بدست آمد (جدول ۴).

نتایج پژوهش حاکی از کاهش درصد نیتروژن خاک در روش آبیاری غرقابی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای است. کاهش درصد نیتروژن خاک در روش آبیاری غرقابی نسبت به روش آبیاری جوی و پشته‌ای و قطره‌ای احتمالاً بدلیل آبشویی بالای نیتروژن در روش آبیاری غرقابی نسبت به روش آبیاری جوی و پشته‌ای و همچنین بیشتر بودن آبشویی در روش آبیاری جوی و پشته‌ای نسبت به روش قطره‌ای است. رطوبت مناسب خاک باعث افزایش قابلیت جذب عناصرغذایی شده و از طرفی مصرف بیش از حد آب باعث شستشوی عناصر غذایی بخصوص نیتروژن شده و از دسترس ریشه خارج می‌کند. آبیاری قطره‌ای رطوبت مناسبی را در حد ظرفیت زراعی مزرعه فراهم می‌کند که باعث افزایش جذب عناصر درشت مغذی و همچنین ریز مغذی‌ها و متعاقباً افزایش رشد گیاه شده و در نهایت منجر به بهبود عملکرد گیاه می‌گردد (Franco *et al.*, 1999).

نیتروژن عنصری است که اثر متقابل با آب نشان می‌دهد وقتی که نیتروژن عامل محدود کننده است آبیاری در بعضی اوقات موجب افزایش عکس العمل گیاه به مصرف متوسط نیتروژن می‌شود (Last *et al.*, 1984). تغییر از روش آبیاری غرقاب به روش قطره‌ای به نفع تبدیل $NH_4$ به $NO_3$ از طریق نیتریفیکاسیون است محتوی اکسیژن خاک و پتانسیل رداکس خاک بالاتر در آبیاری به روش قطره‌ای در محیط ریزوسفر ریشه نسبت به تیمار آبیاری غرقاب عامل این موضوع شده است (Zhou *et al.*, 2013).

طبق مقایسه میانگین سطوح مختلف کود آلی (جدول ۴) بیشترین مقدار نیتروژن خاک (۰/۰۶۶ درصد) از مصرف ۳۰ تن کود گاوی و کمترین درصد نیتروژن خاک (۰/۰۵۱درصد) از تیمار عدم مصرف کود (شاهد) حاصل شد که تیمار کود گاوی افزایش ۲۹/۴ درصدی را نسبت به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) نشان داد. اساساً نیتروژن خاک با مصرف کودهای آلی افزایش می‌یابد (Drinkwater *et al.*, 1995). کودهای آلی بخصوص کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می‌توانند به عنوان منابعی از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به شمار آیند و سبب جذب بهتر آن‌ها توسط ریشه گیاهان شوند (Alizadeh *et al.*, 2012).

### پتاسیم

بر اساس نتایج (جدول ۳) اثر سال و سطوح مختلف کود آلی و تلفیق آن‌ها در سطح احتمال یک درصد، روش‌های آبیاری و برهمکنش کودهای آلی × در سال، در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار پتاسیم قابل جذب خاک بعد از برداشت محصول تأثیر معنی‌داری داشت. طبق مقایسه میانگین داده‌های مربوط به سال‌های انجام آزمایش (جدول ۴) مقدار پتاسیم قابل جذب خاک در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول ۳/۶ درصد افزایش داشت.

بر طبق مقایسه میانگین تیمار روش‌های آبیاری بیشترین

مقدار پتاسیم قابل جذب خاک (۱۰۴/۵میلی‌گرم بر کیلوگرم) بعد از برداشت محصول از تیمار روش آبیاری قطره‌ای و کمترین آن (۱۰۰/۳میلی‌گرم بر کیلوگرم) از روش آبیاری غرقابی و جوی و پشته (۱۰۲/۳میلی‌گرم بر کیلوگرم) بدست آمد (جدول ۴). نتایج پژوهش حاکی از افزایش میزان پتاسیم خاک در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش آبیاری غرقابی و جوی و پشته است. بعبارتی مقدار پتاسیم قابل جذب خاک در روش آبیاری غرقابی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای ۴/۱۸ درصد کاهش داشته است. کاهش مقدار پتاسیم قابل جذب خاک در روش آبیاری غرقابی و آبیاری جوی و پشته احتمالاً بدلیل آبشویی بالای پتاسیم در روش آبیاری غرقابی و جوی و پشته نسبت به روش آبیاری قطره‌ای است.

محققان دلیل افزایش در دسترس بودن عنصر پتاسیم را در سیستم آبیاری قطره‌ای نسبت روش آبیاری غرقابی، آبشویی پتاسیم در تیمار آبیاری غرقابی بیان کردند (Zhou *et al.*, 2013). در تحقیق دیگری نتایج نشان داد که آبیاری غرقابی پتاسیم موجود را از خاک لوم شنی با غلظت بالای پتاسیم آبشویی می‌کند (Askegaard and Eriksen, 2000). در آزمایشی جهت بررسی کارایی آبیاری قطره‌ای در کشت گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) مشخص گردید که در آبیاری قطره‌ای حرکت افقی و عمودی املاح مغذی از جمله پتاسیم با شدت توسعه ریشه دوانی گیاه مطابقت دارد (Sezen *et al.*, 2011).

همچنین طبق جدول مقایسه میانگین سطوح مختلف کود آلی (جدول ۴) بیشترین مقدار پتاسیم خاک (۱۰۹/۵میلی‌گرم بر کیلوگرم) از مصرف ۳۰ تن کود گاوی و کمترین میزان پتاسیم خاک (۹۴/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از تیمار عدم مصرف کود (شاهد) حاصل شد. تیمار ۳۰ تن کود گاوی بیشتر از تیمارهای دیگر بر غلظت پتاسیم قابل دسترس خاک اثر گذاشت. در یک گزارش تحقیقی با افزایش pH خاک به بیش از وضعیت خنثی، بار منفی اکسید و هیدروکسید افزایش یافته و موجب افزایش جذب سطحی یون پتاسیم و در نتیجه کاهش پتاسیم محلول خاک در گشت گیاه یونجه (*Medicago sativa*) گردید.

با توجه به حجم بالای تیمار کود گاوی نسبت به سایر سطوح کود آلی مورد استفاده و عرضه بیشتر پتاسیم در این تیمار کودی و همچنین کاهش pH خاک در نتیجه استفاده از کودهای آلی، غلظت پتاسیم قابل جذب در عصاره اشباع خاک افزایش یافته است (Mahmoudi *et al.*, 2015). همچنین طبق نتایج برگرفته از یک آزمایش کاربرد ۲۱ تن در هکتار کود گاوی کاملاً پوسیده به ترتیب در ارقام هاشمی و گیلانه باعث افزایش حلالیت و فراهمی پتاسیم بمیزان (۲۸۷/۱۲) و (۲۸۵/۷۸) پی پی ام در ریزوسفر گیاه برنج شد (Shahdi-Kumleh *et al.*, 2018).

## سدیم

اثر سال، روش‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف کود آلی و تلفیق آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر مقدار سدیم خاک معنی‌دار بود (جدول ۳). طبق مقایسه میانگین داده‌های مربوط به سال‌های انجام آزمایش مقدار سدیم خاک در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول ۲/۲۱درصد افزایش داشت (جدول ۴).

بر طبق مقایسه میانگین تیمار روش‌های آبیاری بیشترین مقدار سدیم خاک (۱۳/۰۸میلی اکی والان بر لیتر) بعد از برداشت محصول از روش آبیاری قطره‌ای و کمترین آن (۱۲/۴۷میلی اکی والان بر لیتر) از روش آبیاری غرقابی بدست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین مقدار سدیم خاک در روش‌های مختلف آبیاری بیانگر کاهش محتوی سدیم خاک در روش غرقابی و جوی و پشته نسبت به روش آبیاری قطره‌ای است. بنابراین تیمار آبیاری غرقابی و جوی و پشته نقش مؤثرتری در کاهش محتوی سدیم خاک داشته‌اند.

آبیاری غرقاب و جوی و پشته بدلیل حجم آب مصرفی بیشتر در طول دوره رشد سبب شستشوی سدیم خاک شده و با آبشویی سدیم از شوری خاک در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای کاسته شده است (Emadi, 2017). محققان در بررسی طرح ۵۵۰ هزار هکتاری اراضی کشاورزی خوزستان نشان دادند عملکرد آبشویی خاک با وجود تمایل بیشترکشاورزان به روش‌های نوین آبیاری، در روش‌های آبیاری سطحی مناسب‌تر از آبیاری بارانی است (Absalan and Dehghani Sanji, 2016).

همچنین بر طبق مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تیمارهای سطوح مختلف کود آلی بیشترین مقدار محتوی سدیم

خاک از تیمار مصرف ۳۰ تن کود گاوی و تیمار تلفیقی ۱۵ تن کود گاوی و ۲/۵ تن کود مرغی در هکتار و کمترین مقدار سدیم خاک از تیمارهای عدم مصرف کود (شاهد)، تیمار کود مرغی و تیمار ورمی کمپوست حاصل شد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. تیمار مصرف ۳۰ تن کود گاوی افزایش ۶/۱ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. محققان به این نتیجه رسیده‌اند که استفاده از مقادیر زیاد و مکرر کود دامی بدلیل محتوی نمک زیاد در خاک در دراز مدت پایدار نیست زیرا منجر به شور شدن خاک می‌شود (Hao and Chang, 2003). بسیاری از ویژگی‌های خاک در اثر استفاده از اصلاح کننده‌های آلی بهبود می‌یابند (Chaney and Swift, 1986).

با توجه به اینکه بسیاری از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک آهکی بوده و از آنجا که میزان حلالیت آهک پایین است، می‌توان با افزودن ماده آلی، فشار گاز دی اکسیدکربن را در خاک افزایش داد و باعث افزایش حلالیت آهک و از طرفی کاهش واکنش خاک شد از اینرو، شدت جایگزینی کلسیم محلول به جای سدیم تبادلی افزایش می‌یابد (Wong *et al.*, 2009). در گزارش دیگری اثر ورمی کمپوست بر غلظت فسفر، مشابه و گاهی بهتر از کود دامی و مرغی مصرفی رایج در منطقه شناخته شده و لذا جایگزین کردن آن با کودهای پرمصرف دامی و مرغی به دلیل اثر مطلوب در فراهمی فسفر و داشتن اسیدیته خنثی و شوری کمتر توصیه می‌شود (Bagvand *et al.*, 2019).

## فسفر خاک

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که تأثیر روش‌های مختلف آبیاری، کودهای آلی و تلفیق آن‌ها، کود آلی × روش‌های آبیاری، کود × سال و روش‌های آبیاری × کودهای آلی و تلفیق آن‌ها × سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). برطبق مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۵)، بیشترین مقدار فسفر خاک (۱۰/۳۳گرم بر کیلوگرم) در روش آبیاری قطره‌ای همراه با مصرف ۳۰ تن کود گاوی در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار ترکیبی آبیاری غرقابی و عدم مصرف کود (شاهد) و همچنین تیمار آبیاری غرقابی و مصرف کود مرغی به میزان ۵ تن در هکتار می‌باشد. البته این تیمارها با تیمارهای ترکیبی روش آبیاری غرقابی و مصرف ورمی کمپوست به میزان ۵ تن در هکتار و آبیاری غرقابی و تیمار تلفیقی ۱۵ تن گود گاوی و ۲/۵ تن کود مرغی در هکتار، تیمار ترکیبی روش آبیاری جوی و پشته و عدم مصرف کود (شاهد)، آبیاری جوی و پشته‌ای و مصرف کود مرغی به میزان ۵ تن در هکتار و روش آبیاری قطره‌ای همراه با مصرف کود مرغی به میزان ۵ تن در هکتار از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند.

افزایش مقدار فسفر خاک در طی استفاده از کود گاوی در روش آبیاری قطره‌ای به تأثیر کود دامی در افزایش عناصر غذایی خاک، بهبود خلل و فرج خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری رطوبت فراهم شده همراه با کاهش آبشویی فسفر در روش آبیاری قطره‌ای مربوط باشد. یکنواختی بالای توزیع آب در سطح مزرعه و کاهش تلفات مواد غذایی خاک در اثر کاهش نفوذ عمقی آب در آبیاری قطره‌ای، را می‌توان از دلایل کاهش آبشویی فسفر موجود در خاک بیان کرد (Al-Baji, 2010). مشخص شده است که کودهای آلی تحرک و در دسترس بودن مواد مغذی را تحت شرایط مختلف آب خاک بهبود می‌بخشند (Dimkpa *et al.*, 2020).

نتایج آزمایشی با اعمال روش‌های مختلف آبیاری حاکی از آن بود که توزیع مواد مغذی درغده سیب زمینی به روش آبیاری قطره‌ای مطابق با نیازهای زمانی گیاه به مواد مغذی از جمله فسفر بوده و نسبت به روش‌های دیگر آبیاری از بازده بالایی برخوردار است و میزان آبشویی فسفر را به پایین‌ترین حد کاهش داده است (Selim *et al.*, 2009).گزارش شده است که قابلیت جذب فسفر در کودهای حیوانی نسبت به سایر منابع کود آلی بیشتر است (Six *et al.*, 1998). کاربرد کودهای دامی در گیاهان دارویی، سبب بهبود خواص فیزیکی، حفظ رطوبت خاک، افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و متعاقباً افزایش تعادل نیتروژنی و کارایی جذب فسفر می‌شود (Sharma, 2002). در گزارشی مشخص گردید که مصرف کودهای دامی سبب افزیش جذب فسفر توسط گیاه باقلا شده است (Hellal *et al.*, 2014).

## وزن مخصوص ظاهری

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، سطوح مختلف کود آلی، برهمکنش سال × کودهای آلی در

سطح احتمال یک درصد و روش‌های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر وزن مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار بوده است (جدول ۳). نتایج اثر سال حاکی از تفاوت معنی‌دار میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک بین سال‌های مختلف انجام آزمایش داشت بطوری‌که وزن مخصوص ظاهری در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول ۵/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۴).

**جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش روش‌های آبیاری در کودهای آلی و تلفیق آن‌ها بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک**

**Table 5– Mean Comparison of interaction of irrigation methods in organic fertilizers and their combination on some physical and chemical properties of soil**

| روش‌های آبیاری Irrigation methods | نوع کود آلی Type of organic fertilizer | ماده آلی خاک SOM(٪) | فسفر P(mg/kg) |
|---|---|---|---|
| آبیاری غرقابی Flood irrigation | شاهد Control | 0.77h | 7.64h |
| | کود گاوی Cow manure | 0.82b | 8.32d |
| | کود مرغی Poultry manure | 0.78g | 7.64e |
| | ورمی کمپوست vermicompost | 0.78g | 7.70e |
| | تلفیق نصف کود گاوی + نصف کود مرغی Combination half of cow manure+half of poultry manure | 0.81d | 7.77e |
| آبیای جوی و پشته Furrow irrigation | شاهد Control | 0.76i | 7.67e |
| | کود گاوی Cow manure | 0.83b | 9.34bc |
| | کود مرغی Poultry manure | 0.79f | 7.79e |
| | ورمی کمپوست vermicompost | 0.78g | 8.34d |
| | تلفیق نصف کود گاوی + نصف کود مرغی Combination half of cow manure+half of poultry manure | 0.c82 | 8.58d |
| آبیاری قطره‌ای Drip irrigation | شاهد Control | 0.76h | 7.92e |
| | کود گاوی Cow manure | 0.83a | 10.33a |
| | کود مرغی Poultry manure | 0.80e | 7.92e |
| | ورمی کمپوست vermicompost | 0.79f | 9.19c |
| | تلفیق نصف کود گاوی + نصف کود مرغی Combination half of cow manure+half of poultry manure | 0.82c | 9.54b |

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5% level based on Duncan's multiple range test.

بر طبق مقایسه میانگین روش‌های آبیاری (جدول ۴) بیشترین وزن مخصوص ظاهری (۱/۳۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) از تیمار آبیاری غرقابی و کمترین آن (۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب) از تیمار آبیاری قطره‌ای حاصل شد. بعبارت دیگر وزن مخصوص ظاهری در تیمار روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش غرقابی ۱/۴ درصد کاهش داشته است. ساختان

خاک توسط فرایندهای مختلفی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. احتمالاً افزایش صورت گرفته در وزن مخصوص ظاهری در اثر آبیاری غرقابی و جوی و پشته‌ای بدلیل تخریب صورت گرفته در خاکدانه‌ها طی خیس شدن، نشست و تخریب ایجاد شده بعد از آبیاری غرقابی و قرار گرفتن ذرات ریز در خلل و فرج درشت مرتبط می‌باشد. درحالی‌که در تیمار آبیاری قطره‌ای سطح خاک خشک مانده و تخریبی در آن صورت نمی‌گیرد. نتایج حاضر با نتایج (Hamza *et al.*, 2011; Alaoui *et al.*, 2018) مطابقت دارد. آبیاری مکرر و خاک‌ورزی از شکل‌گیری مناسب ساختمان خاک جلوگیری کرده و منجر به افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و کاهش تخلخل آن می‌گردد (Afonso *et al.*, 2021).

همچنین طبق مقایسه میانگین سطوح مختلف کودهای آلی (جدول ۴) تمامی تیمارهای کودهای آلی موجب کاهش معنی‌دار وزن مخصوص ظاهری خاک نسبت به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) شدند. نتایج یک تحقیق نشان داد که مصرف کمپوست، کود دامی و مایکوریزا در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، باعث شد تا وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب ۱۲،۱۹ و ۱۱درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش پیدا کند (Celik *et al.*, 2010).

مطالعات دیگری نیز نشان داد مصرف کودهای دامی از طریق افزایش کربن آلی خاک باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود (bandyopadhyay *et al.*, 2010). این امر می‌تواند ناشی از رقیق شدن ذرات خاک به دلیل افزایش مواد آلی خاک باشد البته افزایش ابعاد خاکدانه‌ها، بهبود ساختمان خاک، پایداری آن‌ها و تخلخل حاصل از مصرف کود دامی تأثیر بیشتری در کاهش وزن مخصوص ظاهری دارد (Agbede, 2008). در گزارش دیگری بکارگیری کودهای آلی در خاک با افزایش درصد منافذ خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گردید (Mirzaei *et al.*, 2009).

## ماده آلی خاک

مقدار ماده آلی خاک بطور مؤثری تحت تأثیر کودهای آلی و تلفیق آن‌ها، روش‌های آبیاری × کودهای آلی و تلفیق آن‌ها، کودهای آلی و تلفیق آن‌ها × سال و روش‌های آبیاری × کودهای آلی × سال قرار گرفت. روش‌های آبیاری و سال × روش‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده آلی خاک نداشتند (جدول ۳).

برطبق مقایسه میانگین برهمکنش اثر روش‌های آبیاری × کودهای آلی و تلفیق آن‌ها (جدول ۵) بالاترین درصد ماده آلی خاک (۰/۸۳درصد) از تیمار روش آبیاری قطره‌ای و مصرف ۳۰ تن کود گاوی در هکتار و کمترین آن (۰/۷۶درصد) از تیمار روش آبیاری جوی و پشته و تیمار عدم مصرف کود (شاهد) بدست آمد.

مقادیر ماده آلی خاک یک روند افزایش تدریجی را با افزایش سطوح کودی در هر ۴ تیمار کودی نشان می‌دهد. برهمکنش اثرات کود گاوی از طریق افزایش دسترسی به عناصر غذایی خاک همراه با تولیایی ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در نتیجه آبیاری قطره‌ای باعث ایجاد محیط مطلوب برای فعالیت میکرو ارگانیسم‌های خاک شده که در اثر آن ماده آلی خاک افزایش می‌یابد ولی در تیمار برهمکنش عدم مصرف کود (شاهد) و آبیاری جوی و پشته به علت کاهش ورود مواد آلی و آبشویی عناصر غذایی و به تبع آن کاهش فعالیت میکرو ارگانیسم‌های دخیل در چرخه کربن، میزان ماده آلی خاک کاهش یافته است.

راندمان مصرف آب بالا اغلب با آبیاری قطره‌ای امکان‌پذیر است زیرا تبخیر و رولناب سطحی کاهش یافته و همچنین حداقل نفوذ عمیق وجود دارد (Shaymaa *et al.*, 2009). نتایج فوق با نتایج سایر محققین که افزایش درصد ماده آلی خاک را در اثر مصرف کود دامی گزارش کردند مطابقت دارد(Kanchikerimath and Singh, 2001). مصرف کود دامی در طولانی مدت میزان ماده آلی خاک را در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره، ۶۹ درصد افزایش داد ( Behera and Panda, 2009). در تحقیقات دیگری نیز افزایش محتوی ماده آلی خاک در اثر کاربرد کودهای آلی گزارش شده است (Uz and Tavali, 2014).

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج بدست آمده نشان داد که بالاترین میزان عملکرد اقتصادی به لیمو (برگ) از روش‌های آبیاری غرقابی و جوی و پشته‌ای بدست آمد که نسبت به آبیاری قطره‌ای بترتیب ۱۳/۸ و ۸/۹ درصد افزایش عملکرد نشان داد. البته میزان آب مصرفی در آبیاری غرقابی و جوی پشته‌ای و قطره‌ای بترتیب ۸۱۵۰،

۶۲۳۰ و ۳۹۶۰ متر مکعب در هکتار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین حاصل از مصرف کودهای آلی حاکی از آن است که بالاترین عملکرد اقتصادی به لیمو (برگ) از تیمار مصرف ۳۰ تن در هکتار کود گاوی و کمترین عملکرد برگ از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) حاصل شد که نشان‌دهنده افزایش عملکرد ۱۰۰/۲ درصدی تیمار کود گاوی نسبت به شاهد بود.

همچنین تیمارهای نصف کود گاوی + نصف کود مرغی، کود مرغی و ورمی کمپوست در رده‌های بعدی از نظر عملکرد برگ قرار گرفتند. با کاربرد کودهای آلی میزان نیتروژن، پتاسیم و سدیم خاک افزایش و وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت که نشان‌دهنده پوکی بیشتر خاک در شرایط مصرف کودهای آلی است. بالاترین میزان ماده آلی و فسفر خاک از تیمار ترکیبی آبیاری قطره‌ای و مصرف ۳۰ تن در هکتار کود گاوی بدست آمد که با تیمار ترکیبی آبیاری قطره‌ای و تیمار نصف کود گاوی + نصف کود مرغی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت.

## References


Absalan, S. and Dehghani Sanij, H., 2015. Changes in soil salinity under sprinkler irrigation system in Azadegan plain region of Khuzestan. *The first national conference to study the dimensions of the implementation of the 550,000-hectare agricultural development plan*, 17–18 Nov., Ahvaz, Iran. [In Persian].

Afonso, S., Arrobas, M. and Rodrigues, M., 2021. Twenty-years of hop irrigation by flooding the inter-row did not cause a gradient along the row in soil properties, plant elemental composition and dry matter yield. *Horticulturae*, *7*(7). https://doi.org/10.3390/horticulturae7070194

Agbede, T.M., Ojeniyi, S.O. and Adeyemo, A.J., 2008. Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest Nigeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, *2*(1), pp.72–77.

Alaoui, A., Rogger, M., Peth, S. and Blöschl, G., 2018. Does soil compaction increase floods? A review. *Journal of Hydrology*, *557*, pp.631–642. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.12.052

Al-Baji, M., 2010. Effect of conventional irrigation methods, regulated irrigation and local drought irrigation on yield, components of yield, water productivity and efficiency of sunflower water consumption. Doctoral dissertation, Shahid Chamran University of Ahvaz.

Alizadeh, A., 2010. *Designing pressure irrigation systems* (Vol. II, 4th ed.). Mashhad Ferdowsi University. [In Persian].

Alizadeh, P., Fallah, S. and Raiesi, F., 2012. Potential N mineralization and availability to irrigated maize in a calcareous soil amended with organic manures and urea under field conditions. *International Journal of Plant Production*, *6*(4), pp.493–512. [In Persian].

Alva, A.K., Ren, H. and Moore, A.D., 2012. Water and nitrogen management effects on biomass accumulation and partitioning in two potato cultivars. *American Journal of Plant Sciences*, *3*, pp.164–170. https://doi.org/10.4236/ajps.2012.31019

Amin, Z., Fallah, S. and Abbasi Surki, A., 2018. Effect of application method and different levels of cattle manure on performance and concentration of some nutrients of garlic (Allium sativum). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *7*(3), pp.107–120. https://doi.org/10.22069/ejsms.2017.11481.1661

Ansari, H., 2011. *Surface irrigation evaluation, design and simulation*. Mashhad University Press. [In Persian].

Askegaard, M. and Eriksen, J., 2000. Potassium retention and leaching in an organic crop rotation on loamy sand as affected by contrasting potassium budgets. *Soil Use and Management*, *16*, pp.200–205. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2000.tb00193.x

Aydinsakir, K., 2018. Yield and quality characteristics of drip-irrigated soybean under different irrigation levels. *Agronomy Journal*, *110*(4), pp.1473–1481. https://doi.org/10.2134/agronj2017.12.0748

Azeez, J.O., Van Averbeke, W. and Okorogbona, A.O.M., 2010. Differential responses in yield of pumpkin (Cucurbita maxima L.) and nightshade (Solanum retroflexum Dun) to the application of three animal manures. *Bioresource Technology*, *101*, pp.2499–2505. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.095

Bagvand, F., Zarabi, M., Mahdavi, S. and Asariha, M., 2019. Effect of vermicompost on phosphorus adsorption in calcareous soils compared to other organic amendments. *Journal of Water and Resources Conservation*, *9*(1), pp.1–16. [In Persian].

Bandyopadhyay, K.K., Misra, A.K., Ghosh, P.K. and Hati, K.M., 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. *Soil and Tillage Research*, *110*, pp.115–125. https://doi.org/10.1016/j.still.2010.07.007

Behera, S.K. and Panda, R.K., 2009. Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *130*, pp.141–155. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.12.009

Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 1 – Physical and mineralogical methods* (pp.363–375). ASA-SSSA. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c13

Bremner, D.C. and Mulvaney, J.M., 1982. Total nitrogen. In A.L. Page (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 2 – Chemical and microbiological properties* (pp.595–624). ASA-SSSA. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c31

Carrera-Quintanar, L., Funes, L., Viudes, E., Tur, J., Micol, V., Roche, E. and Pons, A., 2012. Antioxidant effect of lemon verbena extracts in lymphocytes of university students performing aerobic training program. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *22*(4), pp.454–461. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01244.x

Celik, I., Gunal, H., Budak, M. and Akpinar, C., 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma*, *160*(2), pp.236–243. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.028

Cetin, O. and Bilgel, L., 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agricultural Water Management*, *54*, pp.1–15. https://doi.org/10.1016/s0378-3774(01)00138-x

Chaney, K. and Swift, R.S., 1986. Studies on aggregate stability of reformed soil aggregates. *Journal of Soil Science*, *37*, pp.337–343. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1986.tb00036.x

Dimkpa, C.O., Fugice, J., Singh, U. and Lewis, T.D., 2020. Development of fertilizers for enhanced nitrogen use efficiency: Trends and perspectives. *Science of the Total Environment*, *731*, 139113. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139113

Drinkwater, L.E., Letourneau, D.K. and Shennan, C., 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecological Applications*, *5*(4), pp.1098–1112. https://doi.org/10.2307/2269357

Emadi, S.K. (2017). Study the effect of sprinkler irrigation systems on some physical and chemical characteristics of the soil of Semnan. M.Sc. Dissertation in Irrigation and Drainage, Faculty of Agricultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran [In Persian].

Franco, J.A., Perez-Saura, P.J., Fernandez, J.A., Parra, M. and Garcia, A.L., 1999. Effect of two irrigation rates on yield, incidence of blossom end rot, mineral content and free amino acid levels in tomato cultivated under drip irrigation using saline water. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *74*(4), pp.430–435. https://doi.org/10.1080/14620316.1999.11511132

Ghamarnia, H. and Sepehri, S., 2009. Water stress management and its effects on water use efficiency and other yield parameters of potato in Kermanshah province in the west of Iran. *60th International Executive Council Meeting & 5th Asian Regional Conference*, New Delhi, India. [In Persian].

Ghosh, P.K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K.K., Tripathi, A.K., Hati, K.M., Misra, A.K. and Acharya, C.L., 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and system performance. *Bioresource Technology*, *95*, pp.77–83. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.011

Haj Seyed Hadi, M.R. and Rezaee Ghale, H., 2016. Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (Matricaria chamomilla L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *31*(6), pp.1058–1070. [In Persian].

Hamza, M.A., Al-Adawi, S.S. and Al-Hinai, K.A., 2011. Effect of combined soil water and external load on soil compaction. *Soil Research*, *49*, pp.135–142. https://doi.org/10.1071/sr09144

Hao, X. and Chang, C., 2003. Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *94*, pp.89–103. https://doi.org/10.1016/s0167-8809(02)00008-7

Hellal, F.A., Zewainy, R.M., Khalil, A.A. and Ragab, A.A.M., 2014. Effect of organic and bio-fertilizer management practices on nutrient availability and uptake by faba bean–maize sequence. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, *8*(5), pp.35–42.

Hosseinpour, M., Sorooshzadeh, A., Aghaalikhani, M., Khoramian, M. and Taleghani, D.F., 2006. Evaluation of quantity and quality of sugar beet under drip and furrow irrigation methods in north of Khuzestan. *Sugar Beet Magazine Pages*, *2*, pp.39–57. [In Persian].

Jahan, M., Nariri Mahalati, M., Amiri, M.B. and Tahami, K., 2011. Effects of biological fertilizers on oil production and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) in the winter cover crops. *National Conference on Sustainable Agriculture*, Islamic Azad University of Varamin-Pishva, 1 December, pp.1747–1758.

Joshi, R., Singh, J. and Vig, A.P., 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: Effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, *14*, pp.137–159. https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1

Kanchikerimath, M. and Singh, D., 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize–wheat–cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a combisol, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *86*, pp.155–162. https://doi.org/10.1016/s0167-8809(00)00280-2

Last, P.J., Draycott, A., Messem, A.B. and Webb, D.J., 1983. Effects of nitrogen fertilizer and irrigation on sugar beet at Broom's Barn 1973–8. *The Journal of Agricultural Science*, *101*(1), pp.185–205. https://doi.org/10.1017/s0021859600036509

Lawrence, J.R., Ketterings, Q.M. and Cherney, J.H., 2008. Effect of nitrogen application on yield and quality of silage corn after forage legume–grass. *Agronomy Journal*, *100*(1), pp.73–79. https://doi.org/10.2134/agronj2007.0071

Lira, P.D.L., Van Baren, C.M., Retta, D., Bandoni, A.L., Gil, A., Gattuso, M. and Gattuso, S., 2008. Characterization of lemon verbena (*Aloysia citriodora* Palau) from Argentina by the essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, *20*, pp.350–353. https://doi.org/10.1080/10412905.2008.9700028

Maguire, R.O., Peter, J.A., Kleinman, P.J. and Beegle, D.B., 2011. Novel manure management technologies in no-till and forage systems: Introduction to the Special Series. *Journal of Environmental Quality*, *40*(2), pp.287–291. https://doi.org/10.2134/jeq2010.0396

Mahmoudi, S., Najafi, N. and Reyhanitbar, A., 2015. Effect of soil moisture and application of sewage sludge compost on some soil chemical properties and concentration of high consumption elements of alfalfa forage in greenhouse conditions. *Science and Technology of Greenhouse Crops*, *22*(2), pp.37–54. [In Persian]. https://doi.org/10.18869/acadpub.ejgcst.6.2.37

Martinez-Rodriguez, A., Moya, M., Vicente-Salar, N., Brouzet, T., Carrera-Quintanar, L., Cervello, E., Micol, V. and Roche, E., 2015. Biochemical and psychological changes in university students performing aerobic exercise and consuming lemon verbena extracts. *Current Topics in Nutraceutical Research*, *13*(2), pp.95–102.

Mastalizadeh, B., Khajoei-Nejad, G. and Moradi, R., 2020. Assessing physico-chemical properties of potato as affected by different irrigation methods. *Journal of Plant Process and Function*, *9*(36), pp.33–48. [In Persian]. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1399.9.36.3.6

Mehrpoyan, M., Normohamadi, Q., Mirhadi, M.J., Heydari Sharifabad, H. and Shirani Rad, A.H., 2011. Effect of some inoculants containing *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoli* on nutrient uptake in three cultivars of common bean. *Iranian Journal of Pulses Research*, *1*(2), pp.1–10. [In Persian].

Mirzaei, R., Kambozia, H., Sabahi, H. and Mahdavi, A., 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *7*(1), pp.257–268. [In Persian].

Moradzadeh, M., Boroumandesab, S., Lalehzari, R. and Bahrami, M., 2020. Performance evaluation and sensitivity analysis of various models of SIRMOD software in furrow irrigation design. *Journal of Management System*, *6*(18), pp.63–74. [In Persian]. https://doi.org/20.1001.1.20086377.1392.6.18.5.5

Munroe, G., 2005. *Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture*. Organic Agriculture Centre of Canada, pp.1–40.

Nelson, B.W. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (Eds.), *Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties* (pp.539–577). American Society of Agronomy. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c29

Olsen, S.R. and Sammers, L.E., 1982. Phosphorus. In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (Eds.), *Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties* (pp.403–427). American Society of Agronomy. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c24

Portmann, E., Lopez Nigro, M.M., Reides, C.G., Liesuy, S., Ricco, R.A., Wagner, M.L., Gurni, A.A. and Carballo, M.A., 2012. Aqueous extracts of *Lippia turbinata* and *Aloysia citriodora* (Verbenaceae): Assessment of antioxidant capacity and DNA damage. *International Journal of Toxicology*, *31*(2), pp.1–11. https://doi.org/10.1177/1091581812436726

Rajak, D., Manjunatha, M.V., Rajkumar, G.R., Hebbara, M. and Minhas, P.S., 2006. Comparative effects of drip and furrow irrigation on the yield and water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in a saline and waterlogged vertisol. *Agricultural Water Management*, *83*, pp.30–36. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.11.005

Rana, M.A., Arshad, M. and Masud, J., 2006. Effect of basin, furrow and raingun sprinkler irrigation systems on irrigation efficiencies, nitrate-nitrogen leaching and yield of sunflower. *Pakistan Journal of Water Resources*, *10*(2), pp.2–6.

Selim, E.M., Mosa, A.A. and El-Ghamry, A.M., 2009. Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. *Agricultural Water Management*, *96*, pp.1218–1222. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.018

Severin, C., Bruzzese, D., Di Sapio, O., Gattuso, M. and Gattuso, S., 2006. Evaluation of *in vitro* behaviour of *Aloysia citriodora* Palau: Histological and chemical study. *Molecular Medicinal Chemistry*, *11*, pp.19–20.

Sezen, S.M., Yazar, A., Kapur, B. and Tekin, S., 2011. Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climate conditions. *Agricultural Water Management*, *98*, pp.1153–1161. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.02.005

Shahdi-Kumleh, A., Seyedi, S.R., Rabiee, M. and Foroughi, M., 2018. Effect of remaining nitrogen and phosphorus fertilizers on chemical properties of soil in faba bean–rice cropping system. *Journal of Water and Soil Resource Protection*, *7*(4), pp.103–115. [In Persian].

Sharma, A.K., 2002. *A handbook of organic farming*. Agrobios.

Shaymaa, I.S., Zaghloul, S.M. and Yassen, A.A., 2009. Effect of method and rate of fertilizer application under drip irrigation on yield and nutrient uptake by tomato. *Ozean Journal of Applied Sciences*, *2*(2), pp.139–147.

Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K. and Doran, J.W., 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, *62*, pp.1367–1377. https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x

Tiwari, K.N., Singh, A. and Mal, P.K., 2003. Effect of drip irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) under mulch and no-mulch condition. *Agricultural Water Management*, *58*, pp.19–28. https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00084-7

Uz, I. and Tavali, I.E., 2014. Short-term effect of vermicompost application on biological properties of an alkaline soil with high lime content from Mediterranean region of Turkey. *The Scientific World Journal*, *6*, pp.1–12. https://doi.org/10.1155/2014/395282

Wang, Y., Li, S., Liang, H., Hu, K., Qin, S. and Guo, H., 2020. Comparison of water- and nitrogen-use efficiency over drip irrigation with border irrigation based on a model approach. *Agronomy*, *10*, 1890. https://doi.org/10.3390/agronomy10121890

Wong, V.N., Dalal, R.C. and Greene, R.S., 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. *Applied Soil Ecology*, *41*(1), pp.29-40. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.08.006

Zheng, J., Huang, G., Jiaa, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L.S., Huang, Q., Xua, X. and Liu, H., 2013. Responses of drip irrigated tomato yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. *Agricultural Water Management*, *129*, pp.181–193. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.001

Zhou, B., Yunkai, L. and Yaoze, L., 2013. Quantitative relationship between biofilms components and emitter chogging underreclaimed water drip irrigatiom *Irrigation Science*, *31*(6), pp.1251-1263.