**Journal of Agroecology**
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

**Research Article**
**Vol. 14, No. 4, Winter 2023, p. 633-647**

# Effect of Tillage Systems, Plant Residue Management and Potassium Fertilizer Application on Yield and some Physiological Characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

**Zahra Mir[1], Ahmad Ghanbari[2], Mahdi Dahmardeh[3]*, Mahmmod Ramroudi[3] and Mohammad Reza Asgharipour[2]**

Received: 08-10-2020
Revised: 10-01-2022
Accepted: 12-01-2022
Available Online: 12-01-2022

**How to cite this article:**
Mir, Z., Ghanbari, A., Dahmardeh, M., Ramroudi, M., and Asgharipour, M.R., 2023. Effect of tillage systems, plant residue management and potassium fertilizer application on yield and some physiological characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology 14(4): 633-647.
DOI: 10.22067/agry.2022.20185.0

**Introduction**

Crop residue management is one of the main pillars of production in agriculture and in the long run plays an important role in increasing or decreasing crop yields. Adequate amount of potassium sulfate fertilizer in the soil modulates the osmotic pressure in the soil. in this way, the plant's ability to withstand drought increases. Due to the fact that sour tea is one of the most important medicinal plants in Sistan, so it needs more study and research. Therefore, this experiment was conducted to investigate the effect of tillage systems combined with crop residue management and application of potassium fertilizer on yield and some physiological characteristics of sour tea in Sistan climate.

**Materials and Methods**

In order to investigate the effect of tillage systems with crop residue management and application of potassium fertilizer on yield and some physiological characteristics of sour tea, an experiment was conducted in the research farm of zabol university agricultural research institute in 2018-2019 as a split plot-factorial in the form of complete block design. randomization was performed in three replications. experimental factors including tillage systems at three levels without tillage, reduction tillage (disc) and conventional tillage (plow + disc) as the main factor and the combination of plant residues at three levels (zero, 30 and 60%) with potassium sulfate fertilizer at three levels (no fertilizer, 75 and 150 kg $ha^{-1}$) were considered as secondary factors. measurements were: economic yield, biological yield, harvest index, chlorophyll a, b and carotenoids, anthocyanins, flavonoids and protein. statistical analysis of data was done with SAS software version 9.1 and mean comparison with duncan test was conducted at 5%.

**Results and Discussion**

The results showed that the use of tillage systems and their interaction on the studied characteristics were significant, However, plant residue treatments and their interaction on the studied characteristics except harvest index and anthocyanin were significant, Potassium sulfate treatment and its interaction on the studied properties except harvest index and flavonoids were significant. The highest economic yield of sour tea was equal to 3221.7 kg $ha^{-1}$ in the reduced tillage system with 60% of crop residues and 150 kg $ha^{-1}$ of potassium sulfate and The highest amount of sepal anthocyanin was obtained from conventional tillage treatment and combined use of 30% residues

1-Ph.D. Student of Agroecology, Department of Ecology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.
2- Professor, Department of Ecology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.
3- Associate Professor, Department of Ecology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.
(*- Corresponding author's Email: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)

and 75 kg $ha^{-1}$ of potassium sulfate and Conventional tillage and combined use of 30% residues and 75 kg $ha^{-1}$ of potassium sulfate increased chlorophyll a, b and carotenoids. Also, non-tillage and conventional tillage treatments increased the amount of flavonoids and protein at the branches. The results of comparing the means of interaction of tillage systems with crop residue management and application of potassium sulfate show that the highest increase in chlorophyll *a* and carotenoid content of conventional tillage is + 30% of crop residues and 75 kg $ha^{-1}$ of potassium sulfate And the highest increase in chlorophyll *b* was the simultaneous use of conventional tillage + 60% of crop residues and 150 kg $ha^{-1}$ of potassium sulfate. the highest amount of protein was related to conventional tillage treatment with zero percent of crop residues and potassium sulfate, the results of comparing the means on the interaction of the treatments showed that the simultaneous application of no-till treatment with zero percent of crop residues and potassium had the best effect on the amount of flavonoids.

**Conclusion**

The results indicate that the effect of tillage systems combined with crop residue management and application of potassium sulfate in increasing quantitative and qualitative characteristics has had the best results. Under conservation tillage, by reducing tillage operations and maintaining a sufficient amount of plant residues in the soil surface, while improving soil structure and increasing water efficiency and nutrient efficiency, that increased quantitative and qualitative characteristics. Despite the dry climate in the country and the limitations and shortages of water and reducing soil fertility on the one hand and increasing environmental pollution on the other hand, the need to use conservation agricultural systems to maintain yield and stability and ultimately stability and balance of environmental factors is necessary it seems.

**Acknowledgment**

Authors were appreciating of Head the agronomy Laboratory of Zabol University.

**Keywords**: Anthocyanins, Carotenoids, Chlorophyll, Flavonoids, Protein, Potassium sulfate

**نشریه بوم شناسی کشاورزی**
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

**مقاله پژوهشی**

# تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

**زهرا میر[۱]، احمد قنبری[۲]، مهدی دهمرده[۳]*، محمود رمرودی[۳] و محمد رضا اصغری پور[۲]**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲

میر، ز.، قنبری، ا.، دهمرده، م.، رمرودی، م.، اصغری‌پور، م.ر.، ۱۴۰۱. تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی ۱۴(۴): ۶۴۷-۶۳۳.

## چکیده

به‌منظور بررسی اثر نظام‌های خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به‌صورت اسپیلت‌پلات-فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عوامل آزمایشی شامل نظام‌های خاک‌ورزی در سه سطح بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی (دیسک) و خاک‌ورزی متداول (گاوآهن + دیسک) به‌عنوان عامل اصلی و میزان بقایای گیاهی در سه سطح (صفر، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا) و کود سولفات پتاسیم در سه سطح ( صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. ویژگی‌های مورد مطالعه شامل: عملکرد کاسبرگ خشک، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید، آنتوسیانین، فلاونوئید و پروتئین بودند. نتایج نشان داد که برهم‌کنش نظام‌های خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و سولفات پتاسیم بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی (به‌جز شاخص برداشت) معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد کاسبرگ خشک چای ترش از تیمار برهم‌کنش اثرات سه‌گانه نظام خاک‌ورزی کاهشی، حفظ ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۳۲۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که نسبت به شاهد بیش از ۱۰۰ درصد افزایش داشت. بالاترین میزان آنتوسیانین کاسبرگ از تیمار خاک‌ورزی متداول و حفظ ۳۰ درصد بقایای گیاهی و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۰/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) حاصل گردید. استفاده از خاک‌ورزی متداول و حفظ ۳۰ درصد بقایا و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم سبب افزایش کلروفیل a، b و کاروتنوئید شد. همچنین تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول سبب افزایش میزان فلاونوئید (۱۹ میلی‌گرم گلوکز بر گرم وزن تر نمونه) و پروتئین سر شاخه‌ها (۲۰۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) گردید. نتایج نشان داد که کاربرد تلفیقی اثرات سه‌گانه نظام‌های خاک‌ورزی (کاهشی و متداول) توأم با مدیریت بقایای گیاهی (حفظ ۶۰ و ۳۰ درصد بقایا) و کاربرد کود پتاسیم (۱۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) نه تنها به کاهش آلودگی محیط زیست کمک می‌کند، بلکه در افزایش عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک چای ترش در منطقه سیستان نقش مؤثری ایفا می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** آنتوسیانین، پروتئین، سولفات پتاسیم، فلاونوئید، کاروتنوئید، کلروفیل

۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)

DOI: 10.22067/agry.2022.20185.0

## مقدمه

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) به راسته پنیرک (Malvales)، خانواده پنیرکیان (Malvaceae) و جنس *Hibiscus* تعلق دارد (Kumar & singh, 2012). مهم‌ترین بخش گیاه دارویی چای ترش، کاسبرگ‌ها هستند که با خارج کردن گلبرگ‌ها از کپسول‌های حاوی دانه‌ها بدست می‌آیند (Parsa Motlagh et al., 2016).

بیش از ۳۰۰ گونه از این گیاه در سراسر جهان در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر یافت می‌شود. موطن اصلی این گیاه غرب آفریقا است و امروزه در سطح وسیعی در غرب آفریقا، آسیا، استرالیا، هند، مالزی، اتریش، آمریکای مرکزی و بسیاری از کشورهای گرمسیر کشت می‌شود (Ibramhim et al., 1998Morton, 1987 ;). برگ، کاسبرگ و دانه چای ترش در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد، همچنین فیبر آن منبع مهمی در صنعت نساجی و کاغذ است (Mukhtar, 2007Fagbenro, 2005 ;). گزارش شده است از لحاظ پزشکی، برگ این گیاه ملین بوده و به‌عنوان ادرار آور، مبرد (خنک‌کننده و پایین‌آورنده درجه حرارت بدن) و آرام‌بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد. میوه این گیاه حاوی ویتامین C است، کاسبرگ‌ها حاوی گوسیپتین[1]، آنتوسیانین[2] و گلوکوزید هیبیسین[3] هستند که اثرات ادرارآور، کاهنده ویسکوزیته خون، کاهنده فشار خون و تحریک‌کننده روده را دارند (Perry, 1980). علاوه‌براین، از کاسبرگ‌ها برای درمان فشار خون بالا، اسهال و آبسه دهان استفاده می‌شود (Faraji & Tarkhani, 1999).

ایجاد بستر مناسب رشد گیاهان با انتخاب و اجرای صحیح یک سیستم خاک‌ورزی فراهم می‌شود. در روش متداول خاک‌ورزی بستر رشد گیاهان از طریق مخلوط کردن بقایای احتمالی باقی‌مانده با خاک و حذف آن‌ها از سطح خاک و همچنین شکستن چرخه زندگی موجودات خاکزی انجام می‌گیرد. این سیستم علاوه‌بر اینکه به انرژی زیادی نیاز دارد، در مدت زمان طولانی خصوصیات فیزیکی خاک را تخریب و آن را دچار فرسایش می‌کند. تکنولوژی‌های متداول تولید محصول در مقایسه با کشاورزی حفاظتی، کارایی استفاده از آب کمتری دارند و حاصلخیزی خاک را کاهش می‌دهد (Jat et al., 2013). شخم عمیق منجر به تغییر خصوصیات خاک می‌شود (Osunbitan et al., 2005;). در سیستم‌های کم خاک‌ورزی نفوذ پذیری آب در خاک به‌علت افزایش مواد آلی و فعالیت کرم‌های خاکی نسبت به سیستم خاک‌ورزی متداول افزایش می‌یابد. با کاهش مقاومت فیزیکی خاک در اثر استفاده از بقایای گیاهی در سیستم‌های کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی، هزینه‌های ناشی از مصرف زیاد انرژی، فرسایش و تخریب خاک کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقی نشان داد که میزان نیتروژن موجود در کاه گندم در سیستم خاک‌ورزی کاهشی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول ۹ تا ۳۰ درصد بیش‌تر بود (Pushpa et al., 2014).

کشاورزی حفاظتی از طریق مدیریت تلفیقی منابع بیولوزیکی، آب و خاک در ترکیب با ورودی‌های خارجی به حفظ، بهبود و استفاده مؤثرتر از منابع طبیعی کمک می‌کند. کشاورزی حفاظتی به حفظ محیط و همچنین افزایش و پایداری تولیدات کشاورزی کمک می‌کند (Jat et al., 2012). امروزه، استفاده از روش کشاورزی حفاظتی به‌عنوان بخشی جدانشدنی از زراعت و کشت و کار مطرح شده است. استفاده از کشاورزی حفاظتی راه حل مناسبی برای کاهش تخریب زمین‌های زراعی و افزایش عملکرد محصول بوده است و بر پایه ۱) کاهش خاکورزی ۲) پوشش خاک توسط محصول و بقایای گیاهی و ۳) تناوب محصول پایه‌گذاری شده است (Araya et al., 2012).

طبق بررسی‌های سابقی‌نژاد و همکاران (Sabeghi Nejad et al., 2019)، در بیش‌تر صفات مورد بررسی سیستم بدون شخم و شخم حداقل (خاک‌ورزی حفاظتی) نسبت به شخم رایج نتایج مطلوب‌تری در کشت مخلوط ۱۰۰ درصد چای ترش و سویا در پی داشت که با نتایج هودیانی مهر و همکاران (Houdiani Mehr et al., 2016) در رابطه با کشت مخلوط چای ترش و ماش مطابقت دارد.

کاهش فشردگی خاک، حفظ رطوبت، جلوگیری از فرسایش و تخریب ساختمان خاک از دیگر مزایای کشاورزی حفاظتی است (Jat et al., 2012). اختلاف عملکرد بین سیستم‌های کشاورزی حفاظتی و سیستم‌های شخم متداول در اقلیم مدیترانه‌ای به‌دلیل بهبود رطوبت خاک و مواد غذایی قابل دسترس بین ۲۰ تا ۱۲۰ درصد گزارش شده است (Piggin et al., 2011). بنابراین، رویکرد جهانی در تولید

1- Gossypetin
2- Anthocyanin
3- Glucosidehibiscin

محصولات کشاورزی به‌خصوص گیاهان دارویی، اتخاذ روش‌های مدیریت اکولوژیک در قالب سامانه‌های کشاورزی پایدار می‌باشد. نتایج تحقیقی نشان داد که اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و آماده‌سازی بستر کاشت بر عملکرد وش و کیفیت الیاف معنی‌دار نبود، ولی خاک‌ورزی صحیح باعث کاهش فشردگی خاک و خروج زودتر گیاهچه‌های پنبه شد (Aykas & Onal, 2004). خاک‌ورزی حفاظتی در پنبه فوایدی از جمله کنترل فرسایش و سلامت خاک دارد (Buman et al., 2005). با توجه به تغییرات آب و هوایی، در بررسی اثرات خاک‌ورزی حفاظتی، روش بی خاک‌ورزی به‌عنوان سازگارترین روش برای محیط زیست گزارش شده است (Busari et al., 2015).

مدیریت بقایای گیاهی یکی از ارکان اصلی تولید در کشاورزی است و در بلندمدت نقش بسزایی در افزایش یا کاهش محصولات زراعی دارد (Montemuro et al., 2006). وجود بقایای گیاهی سبب افزایش رطوبت (Mohammadi et al., 2009)، بهبود کارایی مصرف آب (Gharamanyan et al., 2010)، کاهش دمای خاک (Azad Shahraki et al., 2010)، کاهش تبخیر و رواناب (Ghanbaryan Alavijeh et al., 2014)، افزایش عملکرد شده است (Safari et al., 2013). نگهداری میزان کافی از بقایای گیاهی، به‌عنوان راه حل مؤثری برای رویارویی با تهدیدهای کیفیت خاک، تأکید شده است (Zakeri & kazemi, 2006).

استفاده از کودهای شیمیایی به‌ویژه سولفات پتاسیم علاوه‌بر نقش تغذیه‌ای آن، جهت حمایت گیاه در برابر تنش‌های محیطی نظیر خشکی و جلوگیری از کاهش عملکرد از اهمیت زیادی برخوردار است. افزایش جذب پتاسیم، باعث تأثیر مثبت در فتوسنتز، افزایش میزان رشد و شاخص سطح برگ، افزایش سنتز کلروفیل a و b، افزایش سرعت انتقال مواد نیتروژنه به دانه‌ها، سنتز بیشتر پروتئین و ترکیبات پلی‌مری، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، افزایش تعداد روزنه‌ها، کاهش تعرق و به‌وجود آوردن شرایط داخلی مناسب از طریق تنظیم فشار اسمزی می‌گردد (Sakinejad et al., 2003). ابو ال مگد و همکاران (Abou El-Magd et al., 2010) نیز اثر مقادیر صفر، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم را بر رشد، عملکرد و میزان اسانس در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) مورد مطالعه قرار دادند، که بالاترین میزان از بیشترین مقدار کاربردی کود حاصل شد. گنجعلی و همکاران (Ganjali et al., 2016) عملکرد چای ترش را در سطوح مختلف کود پتاسیم به‌عنوان فاکتور اصلی و کود فسفر و نیتروژن را به‌عنوان فاکتور فرعی در منطقه سراوان مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کود فسفر و پتاسیم می‌تواند نقش مؤثری در کاهش عملکرد چای ترش در شرایط آب و هوایی سراوان داشته باشد. اکنبی و همکاران (Akanbi et al., 2009) نشان دادند که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم ۱۰-۱۰-۲۰ به همراه پنج تن در هکتار کمپوست باعث افزایش عملکرد کمّی و کیفی چای ترش می‌گردد.

با وجود اقلیم خشک در کشور و محدودیت و کمبود آب و کاهش حاصلخیزی خاک از یک سو و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی از سوی دیگر، نیاز به بهره‌گیری از سیستم‌های کشاورزی حفاظتی در جهت حفظ و ثبات عملکرد و نهایتاً پایداری و تعادل عوامل زیست‌محیطی امری لازم به نظر می‌رسد. در حال حاضر، بیش‌ترین سطح زیر کشت چای ترش مربوط به استان سیستان و بلوچستان با سطحی در حدود ۳۰۰ هکتار و تولید سالانه ۲۹۰ تن می‌باشد (Anonymous, 2014). لذا، این آزمایش با هدف بررسی اثر نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چای ترش در شرایط آب و هوایی سیستان انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در چاه-نیمه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا گردید. این منطقه با مختصات جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا واقع شده است. طبق آمار هواشناسی زهک، این منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن جزء اقلیم‌های خشک و بسیار گرم، میانگین درازمدت (۳۰ ساله) بارندگی در منطقه ۶۳ میلی‌متر می‌باشد. نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی از چند ناحیه انتخاب و جهت انجام تجزیه خاک به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج آن در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری
Table 1- Physicochemical properties of soil of experimental place (0-30 cm)

| بافت Texture | شن Sand | رس Clay | سیلت Silt | پتاسیم K | فسفر P | نیتروژن N | ماده آلی Organic material | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی EC (dS.m$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (%) | | | (ppm) | | (%) | | | |
| لوم شنی Loam clay | 44 | 31 | 27 | 174 | 12.2 | 5 | 0.15 | 7.7 | 1.5 |

این آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات–فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل نظام‌های خاک‌ورزی در سه سطح بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی (دو مرتبه دیسک جهت خرد کردن کلوخه‌ها) و خاک‌ورزی متداول (شخم به کمک گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی‌متر + دو مرتبه دیسک جهت خرد کردن کلوخه‌ها به عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل اصلی و میزان بقایای گیاهی (کاه و کلش گندم) در سه سطح شامل بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا و کود سولفات پتاسیم در سه سطح (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. کاشت به‌صورت دستی بر اساس نقشه کاشت در تاریخ پنجم اردیبهشت ماه انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به‌طول سه متر، فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود. بدین منظور ۴–۳ بذر در هر کپه با عمق سه سانتی‌متر به‌روش جوی و پشته کاشته و بلافاصله آبیاری شد. بذر مورد استفاده از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل تهیه شد. بقایای گیاهی ۳۰ و ۶۰ درصد گندم، برای هر کرت میزان ۳۰ درصد بقایا (۹۰۰ گرم کاه و کلش) و ۶۰ درصد بقایا (۱/۸۰۰گرم کاه و کلش) که در مجموع ۷۳ کیلوگرم در هکتار کاه و کلش گندم برای سه تکرار در نظر گرفته شد و کود سولفات پتاسیم به تنهایی در حین انجام عملیات خاک‌ورزی، قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. در طول فصل رشد، عملیات داشت از جمله واکاری ابتدا در مراحل رویش و بعد از استقرار کامل گیاهچه‌ها، تنک کردن، وجین، آبیاری و مبارزه با آفات انجام گردید. در مراحل اولیه رشد گیاه تا زمانی که گیاهچه‌ها از خاک خارج و به‌طور کامل مستقر شدند، آبیاری در اوایل دوره رشد با دور کوتاه و به‌صورت جوی و پشته‌ای و کرت به کرت در هفته دو الی سه مرتبه انجام گرفت و در مراحل بعدی به‌طور یکنواخت و با توجه به نیاز گیاه هر ۱۰ روز یک بار انجام شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد خشک کاسبرگ، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از هر کرت نمونه‌گیری از دو ردیف وسط و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک از سطح یک مترمربع انجام گرفت، بوته‌ها از سطح زمین قطع و کدگذاری شد و به آزمایشگاه منتقل گردید، سپس اقدام به جداسازی کاسبرگ‌ها شد و پس از خشک کردن در آون در دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک بوته و کاسبرگ اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت نیز از طریق نسبت عملکرد خشک کاسبرگ به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد.

برای سنجش آنتوسیانین نمونه‌گیری از کاسبرگ‌های تر در آبان ماه و هنگام رسیدگی فیزیولوژیک میوه‌ها انجام شد. نمونه‌گیری به‌منظور سنجش ویژگی‌های دیگر در مرحله گل‌دهی، از برگ‌های فوقانی چای ترش انجام گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها از فرمول زیر استفاده شد (Arnon, 1967).

معادله‌های (۱) تا (۳)

$$\text{Chlorophyll a} = (11.75\times A_{663} - 2.350\times A_{645})\ V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (18.61\times A_{645} - 3.960\times A_{663})\ V/100W$$

$$\text{Carotenoides} = 1000\times(A_{470}) - 2.270\times(\text{mg chl. a}) - 81.4\times(\text{mg chl. b})/227$$

که در این معادله‌ها، V: حجم محلول سانتریفیوژشده، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و۴۷۰ نانومتر و W: وزن‌تر نمونه برحسب گرم می‌باشند.

برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌ها از روش واگنر (Wagner, 1979) استفاده شد. برای اندازه‌گیری فلاونوئید با استفاده از معرف کلرید آلومینیم اندازه‌گیری شد. به نیم میلی‌لیتر از هر عصاره (۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول آلومینیم کلراید ۱۰ درصد در اتانول، ۰/۱ میلی‌لیتر از استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. جذب مخلوط نیم ساعت بعد از نگه‌داری در دمای اتاق، در طول موج ۴۱۵ نانومتر در مقابل بلانک با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Chang et al., ).

2002غلظت پروتئین برگ‌های فوقانی چای ترش به‌وسیله روش برادفورد انجام شد (Bradford, 1976).

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

**عملکرد خشک کاسبرگ:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نظام‌های خاک‌ورزی، کاربرد کود سولفات پتاسیم و برهم‌کنش سه‌گانه نظام خاک ورزی، کود سولفات پتاسیم و بقایای گیاهی بر عملکرد خشک کاسبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین تأثیر بقایای گیاهی بر عملکرد خشک کاسبرگ نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. (جدول ۲).

برهم‌کنش نظام‌های خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و سولفات پتاسیم بر عملکرد خشک کاسبرگ نشان داد که بالاترین میزان (۳۲۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار کاسبرگ خشک) با کاربرد خاک‌ورزی حداقل + ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌دست آمد. این مقدار نسبت به شاهد (۱۳۹۹/۹ کیلوگرم در هکتار) بیش از ۱۰۰ درصد افزایش عملکرد داشت (جدول ۳).

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر خاک‌ورزی حداقل سبب افزایش عملکرد خشک کاسبرگ گردید. کاربرد روش کم خاک‌ورزی به‌دلیل بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه در نتیجه افزایش ماده آلی خاک و همچنین افزایش محتوای رطوبت خاک باعث ایجاد تعادل بین رشد رویشی و زایشی شده و این امر منجر به افزایش عملکرد اقتصادی گیاه می‌شود (Crabtree & Rupp, 1980). در بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی و میزان پوشش بقایا در مرودشت فارس مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه گندم در روش کم خاک‌ورزی و پوشش ۳۰ درصد بقایا در سطح خاک حاصل شد (Amini et al., 2014). طی برخی آزمایشات مزرعه‌ای عملکرد وش، تعداد قوزه در بوته و صفات کیفی الیاف پنبه در بین خاک‌ورزی کاهشی بیش‌تر از خاک‌ورزی رایج مشاهده شد (Yalcin et al., 2004). اصغری و همکاران (Asghari et al., 2013) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت بر رطوبت خاک و عملکرد گلرنگ در تناوب با گندم دیم نشان دادند که عملکرد گلرنگ در خاک‌ورزی حفاظتی بیش‌تر از خاک‌ورزی رایج است. خاک‌ورزی باعث به هم خوردن چرخه زیستی ریزجانداران (میکروارگانیسم‌های) خاکزی و در نتیجه، باعث کاهش عملکرد می‌شود (De Vita et al., 2007). کاوالاریس و جمتوس (Cavalaris & Gemtos, 2002) نیز وجود بقایا در سطح خاک را مانعی برای رسیدن اشعه خورشید به خاک دانستند که تبخیر آب از سطح خاک را کاهش می‌دهد و در نتیجه، سبب افزایش رطوبت ذخیره شده خاک می‌شود که بر بهبود عملکرد تأثیر مثبت دارد. پوسیدگی بقایای گیاهی در شرایط حفظ بقایا، سبب افزایش عناصر غذایی خاک در نیمه دوم فصل رشد می‌گردد (LaI & Bruce, 1999). پتاسیم، تحمل گیاه را نسبت به تنش‌های محیطی بیش‌تر و تولید نشاسته و کربوهیدرات را افزایش و همچنین استحکام گیاه را افزایش داده و برای رشد بهینه مقدار مطلوب آن مورد نیاز است (Pahlavan et al., 2006). پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر ضروری در جهت نمو الیاف پنبه بوده که کمبود این عنصر منجر به کاهش کیفیت الیاف و همچنین کاهش عملکرد نهایی می‌گردد و در نهایت، برای دستیابی به حداکثر عملکرد و اجزای عملکرد در پنبه بایستی عنصر پتاسیم به‌میزان کافی در اختیار گیاه قرار گیرد (Kumar et al., 2011). راشکی و پیری (Rashki & Piri, 2021) اظهار نمودند، هر چه میزان سطح کودی پتاسیم بیش‌تر شود، عملکرد چای ترش نیز بیش‌تر می‌شود و بیش‌ترین رشد و عملکرد چای ترش در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود پتاسیم به‌دست آمد.

**جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و ویژگی‌های کیفی تحت تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد کود پتاسیم در گیاه چای ترش**

**Table 2- Analysis of variance for yield and qualitative characteristics under the influence of tillage systems combined with plant residue management and potassium fertilizer application in the roselle plant**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی d.f | میانگین مربعات Mean of squares | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد کاسبرگ Sepal yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index | پروتئین Protein | کلروفیل a Chlorophyll a | کلروفیلb Chlorophyll b | کاروتنوئید Carotenoids | آنتوسیانین Anthocyanin | فلاونوئید Flavonoids |
| تکرار Replication | 2 | 4147780.92$^{**}$ | 24556988.84$^{**}$ | 598.52$^{**}$ | 178.99$^{ns}$ | 13.44$^{**}$ | 1.29$^{**}$ | 1.27$^{**}$ | 0.318$^{**}$ | 119.21$^{**}$ |
| نظام خاک‌ورزی Tillage systems (A) | 2 | 1209026.34$^{**}$ | 3526615.80$^{**}$ | 721.62$^{**}$ | 14980.17$^{**}$ | 36.47$^{**}$ | 2.60$^{**}$ | 1.55$^{**}$ | 0.229$^{**}$ | 106.55$^{**}$ |
| خطای اصلی Error a | 4 | 128455.18 | 294115.59 | 220.32 | 1422.66 | 1.45 | 0.27 | 0.10 | 0.71 | 5.69 |
| بقایای گیاهی Plant residue (B) | 2 | 481232.78$^{*}$ | 847974.19$^{ns}$ | 69.18$^{ns}$ | 2671.52$^{**}$ | 3.56$^{**}$ | 0.75$^{**}$ | 0.49$^{**}$ | 0.6$^{ns}$ | 85.80$^{**}$ |
| سولفات پتاسیم (Potassium sulfate) (C) | 2 | 1425942.11$^{**}$ | 3771006.15$^{**}$ | 155.35$^{ns}$ | 813.54$^{**}$ | 9.01$^{**}$ | 0.90$^{**}$ | 1.30$^{**}$ | 0.190$^{**}$ | 9.70$^{ns}$ |
| خاک‌ورزی × بقایای گیاهی (A×B) | 4 | 415918.41$^{*}$ | 2224275.07$^{**}$ | 143.00$^{ns}$ | 4444.43$^{**}$ | 1.57$^{**}$ | 0.17$^{**}$ | 0.29$^{**}$ | 0.147$^{**}$ | 60.73$^{**}$ |
| خاک‌ورزی × پتاسیم (A×C) | 4 | 885901.87$^{**}$ | 2416972.09$^{**}$ | 168.25$^{*}$ | 2336.52$^{**}$ | 2.48$^{**}$ | 0.22$^{**}$ | 0.41$^{**}$ | 0.499$^{**}$ | 13.35$^{**}$ |
| بقای ا× پتاسیم (B×C) | 4 | 19083.08$^{ns}$ | 310234.13$^{ns}$ | 247.80$^{*}$ | 4161.21$^{**}$ | 5.07$^{**}$ | 0.08$^{*}$ | 0.41$^{**}$ | 0.249$^{**}$ | 38.38$^{**}$ |
| خاک‌ورزی × بقایا × پتاسیم (A×B×C) | 8 | 680951.28$^{**}$ | 2643505.63$^{**}$ | 92.79$^{ns}$ | 2649.59$^{**}$ | 1.49$^{**}$ | 0.46$^{**}$ | 0.27$^{**}$ | 0.432$^{**}$ | 49.58$^{**}$ |
| خطای فرعی Error b | 48 | 124800.00 | 372402.4 | 66.89 | 158.71 | 0.36 | 0.02 | 0.04 | 0.28 | 3.56 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | - | 21.987 | 19.406 | 14.467 | 9.78 | 7.78 | 7.63 | 8.53 | 25.47 | 17.28 |

*،**و ns: به‌ترتیب به مفهوم معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

$^{**}$, $^{*}$ and ns: are significant at p≤%1 and p≤%5 and no significant, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و ویژگی‌های کیفی تحت تأثیر برهم‌کنش نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد کود پتاسیم در گیاه چای ترش

**Table 3- Means comparison of yield and qualitative characteristics in interaction effects of tillage systems combined with plant residue management and potassium fertilizer application in the roselle plant**

| نظام‌های خاک‌ورزی Tillage systems | پتاسیم K ($kg.h^{-1}$) | بقایای گیاهی Plant residue (%) | عملکرد کاسبرگ Sepal yield ($kg.ha^{-1}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$) | شاخص برداشت Harvest index (%) | پروتئین Protein ($mg.g^{-1}$) | کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$) | کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$) | کاروتنوئید Carotenoids ($mg.g^{-1}$) | آنتوسیانین Anthocyanin ($\mu mol.g^{-1}$) | فلاونوئید Flavonoids ($mg.g^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بدون خاک‌ورزی No tillage | 0 | 0 | $1399.9^{cdefgh}$ | $3120.4^{bcdefg}$ | $65.990^{a-d}$ | $146.67^{cde}$ | $6.77^{hijk}$ | $2.12^{fghi}$ | $2.21^{ghijk}$ | $0.100^{i}$ | $19.08^{a}$ |
| | 75 | 30 | $1522.9^{cdefgh}$ | $2784.2^{cdefg}$ | $59.157^{a-g}$ | $113.70^{ghij}$ | $8.86^{cde}$ | $2.15^{fgh}$ | $2.71^{bcde}$ | $0.107^{hi}$ | $10.53^{efgh}$ |
| | 150 | 60 | $1178.5^{gh}$ | $2474.0^{defg}$ | $67.020^{a-c}$ | $195.93^{a}$ | $7.35^{fghi}$ | $2.35^{def}$ | $2.34^{efghi}$ | $0.317^{bcd}$ | $10.80^{defg}$ |
| خاک‌ورزی حداقل Minimum tillage | 0 | 0 | $1437.6^{cdefgh}$ | $2785.9^{cdefg}$ | $59.667^{a-g}$ | $93.33^{jkl}$ | $7.05^{ij}$ | $1.92^{ghij}$ | $2.29^{fghij}$ | $0.146^{fghi}$ | $14.08^{cd}$ |
| | 75 | 30 | $1333.1^{cdefgh}$ | $2697.7^{cdefg}$ | $57.287^{a-h}$ | $134.44^{efg}$ | $7.52^{fghi}$ | $1.79^{ijk}$ | $2.27^{fghij}$ | $0.267^{de}$ | $9.89^{fgh}$ |
| | 150 | 60 | $3221.7^{a}$ | $6418.5^{a}$ | $56.597^{b-h}$ | $88.15^{kl}$ | $6.45^{ijk}$ | $1.59^{k}$ | $2.17^{hijk}$ | $0.307^{cd}$ | $17.63^{ab}$ |
| خاک‌ورزی متداول Conventional tillage | 0 | 0 | $1522.8^{cdefgh}$ | $2980.5^{cdefg}$ | $54.717^{b-h}$ | $200.00^{a}$ | $9.50^{bc}$ | $2.74^{bc}$ | $2.72^{bcde}$ | $0.409^{ab}$ | $5.37^{i}$ |
| | 75 | 30 | $1304.8^{cdefgh}$ | $2714.7^{cdefg}$ | $47.240^{e-h}$ | $166.67^{bc}$ | $10.06^{ab}$ | $2.75^{bc}$ | $2.89^{b}$ | $0.414^{a}$ | $7.58^{fghi}$ |
| | 150 | 60 | $1541.5^{cdefgh}$ | $2340.5^{efg}$ | $70.240^{ab}$ | $112.59^{ghij}$ | $9.23^{bcd}$ | $3.05^{a}$ | $2.48^{cdefgh}$ | $0.244^{def}$ | $11.18^{def}$ |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on duncan test at 5%.

.Probability level

**عملکرد بیولوژیک:** نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که اثر نظام‌های خاک‌ورزی و سولفات پتاسیم و برهم‌کنش سه‌گانه نظام‌های خاک‌ورزی، سولفات پتاسیم و بقایای گیاهی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود، امّا اثر بقایای گیاهی بر آن، معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۶۴۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار متعلق به برهم‌کنش تیمارهای خاک‌ورزی حداقل، ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود (جدول ۳). در این رابطه، می‌توان گفت که اهمیت جوامع میکروبی خاک برای کارکرد یک اکوسیستم به‌دلیل نقش مهمی است که در فرآیندهای خاک ایفا می‌کنند. وقتی مواد گیاهی حاوی کربن به خاک افزوده شود، میکروب‌های تجزیه‌کننده برای کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد وکلسیم مورد نیاز خود به دو منبع شکل‌های در دسترس این عناصر و مواد آلی اضافه شده به خاک متکی هستند، بنابراین با اضافه شدن بقایای گیاهی این میکروب‌ها به تجزیه بقایای گیاهی اقدام می‌کنند و در نهایت، وزن خشک بوته چای ترش (عملکرد بیولوژیک) را افزایش داده است.

بر اساس نتایج، خاک‌ورزی حداقل باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. از دلایل افزایش عملکرد بیولوژیک در سیستم‌های حداقل خاک‌ورزی انتشار ریشه‌ها در عمق زیاد خاک و دسترسی بیشتر به جذب عناصر غذایی و همچنین با افزایش نفوذپذیری موجب نفوذ بیشتر آب در خاک شده و با کاهش تبخیر موجب افزایش کارایی بیشتر آب می‌شود، رطوبت ذخیره شده در لایه‌های سطحی خاک که به‌وسیله بقایای گیاهی تأمین می‌گردد، در دوره اولیه رشد گیاه اهمیت زیادی دارد (Larson et al., 1983) که با نتایج سابقی‌نژاد و همکاران (Sabeghi Nejad et al., 2019) در مورد چای ترش مطابقت دارد. عملکرد بیولوژیک محصولات علوفه‌ای تحت شرایط خاک‌ورزی کاهشی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول بیشتر بود (Gadermaier et al., 2011). عدم به‌هم زدن خاک و وجود بقایا در سطح خاک می‌تواند مانع اتلاف شدید رطوبت خاک شده و فرصت کافی برای استفاده ریشه‌ها از نیتروژن خاک را فراهم سازد ( Cook & Hauguland, 1991) این موضوع در نهایت، به افزایش اجزای عملکرد (عملکرد بیولوژیک) از جمله تعداد غوزه و یا تعداد دانه بیش‌تری می‌انجامد، این یافته با نتایج دیگر پژوهشگران هم‌خوانی دارد (Emam et al., 2000). استفاده از سولفات پتاسیم نیز بر عملکرد بیولوژیک تأثیر مثبتی در پی داشت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با نتایج عادلی و همکاران (Adeli et al., 2011) مطابقت دارد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد پتاسیم، علاوه‌بر افزایش توسعه برگ‌ها و افزایش رشد گیاه، باعث افزایش تولید ماده خشک و در نتیجه، افزایش عملکرد گیاه جو گردید. گنجعلی و همکاران (Ganjali et al., 2016) اظهار داشتند بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک چای ترش با افزایش تیمارهای ترکیبی فسفر به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به همراه ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بوده است. هوروات و همکاران (Horvath et al., 2007) عنوان نمودند که کاربرد پتاسیم سبب افزایش میزان عملکرد وش در چین دوم و همچنین افزایش میزان عملکرد کل شده است. کاهش رشد و تولید ماده خشک از ویژگی‌های مهم گیاهان در شرایط کمبود تغذیه‌ای به‌ویژه عناصر پر مصرف چون پتاسیم است (Bolie et al., 2006).

**شاخص برداشت:** نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم معنی‌داری برهم‌کنش سه‌گانه تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد پتاسیم از نظر شاخص برداشت بود، امّا نتایج نشان داد که اثر نظام‌های خاک‌ورزی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که در بین سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی، بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط به سیستم خاک‌ورزی متداول بود (Mohammadi et al., 2009; Prtokhazemi et al., 2011).

در مورد کاربرد بقایای گیاهی و سولفات پتاسیم نیز، مقدار ۶۰ درصد بقایای گیاهی و میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بالاترین میزان شاخص برداشت را نشان داد. تأمین مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه عناصر ماکرو یکی از جنبه‌های بسیار مهم در مدیریت زراعی است و می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولید و شاخص برداشت ایفا کند. برگشت بقایای گیاهی در فراهمی نیتروژن، افزایش عملکرد و شاخص برداشت گیاه نقش مؤثری دارد.

**مقدار پروتئین برگ‌های فوقانی:** تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی، کاربرد سولفات پتاسیم و برهم‌کنش آن‌ها در سطح یک درصد، بر میزان پروتئین برگ معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد سولفات پتاسیم بر مقدار پروتئین نشان داد که بالاترین مقدار مربوط به تیمار خاک‌ورزی متداول به همراه صفر درصد بقایای گیاهی و سولفات پتاسیم بوده است. این مقدار ۲۰۰/۰۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر است که تفاوت ناچیزی با تیمار بدون خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم دارد (جدول ۳).

بیشترین مقدار پروتئین از تیمار خاک‌ورزی متداول به‌دست آمد که نسبت به شاهد حدود ۳۶ درصد افزایش نشان داده است. عدم کاربرد بقایای گیاهی و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم نیز سبب افزایش میزان پروتئین چای ترش گردید. افزایش میزان پروتئین گندم بهاره تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی متداول نسبت به سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی گزارش شده است (Wozniak et al., 2015). در آزمایشی ثابت گردیده است که تغییرات مقدار پروتئین در اثر عوامل محیطی بسیار ناچیز می‌باشد (Morrison et al, 2000).

**غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئید):** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد سولفات پتاسیم و برهم‌کنش آن‌ها بر غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئیدهای برگ معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد سولفات پتاسیم نشان می‌دهد که بالاترین افزایش در میزان کلروفیل a و کاروتنوئید کاربرد هم‌زمان خاک‌ورزی متداول + ۳۰ درصد بقایای گیاهی و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، که نسبت به شاهد به‌ترتیب افزایش ۴۸ و ۳۱ درصدی دارد و بالاترین افزایش در میزان کلروفیل b، به‌کار بردن هم‌زمان خاک‌ورزی متداول+ ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بوده است که نسبت به شاهد ۴۳ درصد افزایش داشته است (جدول ۳).

در مورد تأثیر مثبت کاربرد خاک‌ورزی متداول بر مقدار کلروفیل برگ و کاروتنوئید می‌توان گفت، وجود شرایط مناسب بستر کشت در خاک‌ورزی متداول و استقرار سریع گیاه جهت بهره‌برداری از فصل رشد در شرایطی که میزان بقایای گیاهی و سولفات پتاسیم فراهم است، به تقویت رشد و افزایش سطح جذب گیاه منجر می‌شود. این عوامل در نهایت، می‌تواند سبب افزایش تراکم رنگیزه‌ها (از جمله کاروتنوئیدها) در واحد سطح برگ می‌گردد و سرانجام، سبب افزایش سنتز کلروفیل می‌شوند. کاربرد ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گردید. افزایش هرگونه بقایای گیاهی سبب تحریک شدید فعالیت میکروبی و بهبود وضعیت توده زنده میکروبی و افزایش قابلیت دسترسی غذایی می‌گردد که این بستگی به نوع و کیفیت بقایای گیاهی دارد. با توجه به نقش ساختاری نیتروژن در ملکول کلروفیل و اینکه نیتروژن جزء اصلی ترکیبات پروتئینی اعم از آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، هورمون‌ها و دیگر ترکیبات سلولی به حساب می‌آید، بنابراین افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در نتیجه افزایش مصرف بقایای گیاهی حاوی نیتروژن، منطقی است (Khan, 1995). افزایش جذب پتاسیم، باعث تأثیر مثبت در فتوسنتز، افزایش میزان رشد و شاخص سطح برگ، تقویت سنتز ATP و NADPH، افزایش سنتز کلروفیل a و b، سنتز بیشتر پروتئین و ترکیبات پلی‌مری، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، افزایش جذب آب و به‌وجود آوردن شرایط داخلی مناسب از طریق تنظیم فشار اسمزی می‌گردد (Sakinejad et al., 2003). پتاسیم سبب حفظ نفوذپذیری غشاءهای سلولی و افزایش کارایی فتوسیستم II و همچنین افزایش میزان کلروفیل برگ می‌گردد (Akram, 2006). راشکی و پیری (Rashki & Piri, 2021) بیان داشتند، بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (۲۹/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۲۱/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کاروتنوئید (۰/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در گیاه چای ترش از تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود پتاسیم به‌دست آمد.

**مقدار آنتوسیانین:** مقدار آنتوسیانین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی، سولفات پتاسیم و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲).

مقایسه میانگین برهم‌کنش نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد سولفات پتاسیم حکایت از آن دارد که تیمار خاک‌ورزی متداول همراه با ۳۰ درصد بقایای گیاهی و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم مناسب‌ترین تیمار است و میزان آنتوسیانین موجود در این تیمار (۰/۴۱۴ میکرو مول بر گرم وزن تر) نسبت به شاهد (۰/۱۰۰ میکرو مول بر گرم وزن تر) بیش از ۱۰۰ درصد افزایش داشته است (جدول ۳).

طبق نتایج، نظام خاک‌ورزی متداول نقش مثبتی در افزایش مقدار آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش دارد. آنتوسیانین‌ها رنگیزه‌های محلول

در آب هستند که متعلق به خانواده فلاونوئیدها می‌باشند. استفاده از خاک‌ورزی متداول، باعث بالا رفتن فعالیت‌های میکروبی خاک و افزایش آنتوسیانین شد. کاربرد بقایای گیاهی و میزان مناسب پتاسیم نیز مقدار آنتوسیانین را افزایش داد. با افزایش پتاسیم در انگور میزان آنتوسیانین‌ها افزایش می‌یابد (Delgado et al., 2004). آنتوسیانین‌ها بسیار ناپایدار بوده و تحت تأثیر برخی عامل‌ها از جمله قندها و عنصرهای غذایی، پایداری آن افزایش می‌یابد، از آنجا که پتاسیم از راه تأثیر و تنظیم فشار اسمزی موجب افزایش قندها و انتقال بهتر عنصرها به نقاط مختلف گیاه می‌شود، هنگامی که میزان پتاسیم افزایش یابد، میزان قند بالا رفته و در نتیجه، مقدار آنتوسیانین افزایش می‌یابد (Ferancis, 1989). در مورد علت افزایش ترکیبات فنولی در اثر پتاسیم می‌توان گفت که پتاسیم رشد گیاه را افزایش داده و در نتیجه، باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی می‌شود و به‌علت تخصیص کربن اضافی به مسیر شیکمیک اسید موجب افزایش ترکیبات فنلی می‌شود (Nguyen et al., 2010).

**مقدار فلاونوئید:** نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و برهم‌کنش آن‌ها بر مقدار فلاونوئید موجود در سرشاخه‌های جوان چای ترش در سطح یک درصد آماری بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تیمارها بیانگر این بود که کاربرد هم‌زمان تیمار بدون خاک‌ورزی با صفر درصد بقایای گیاهی و پتاسیم بهترین اثر را بر مقدار فلاونوئیدها داشت (جدول ۳). این مقدار (۱۹/۰۸میلی‌گرم گلوکز بر گرم وزن تر نمونه) بوده است.

گیاهان دارویی به‌عنوان یک منبع بالقوه از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از جمله فلاونوئیدها و اسیدهای فنولی از توانایی بسیار خوبی به‌عنوان جاروب‌کننده رادیکال‌های سوپراکسید، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، ضد پیری و کاهش‌دهنده ابتلاء به سرطان محسوب می‌شوند. فلاونوئیدهای گیاهان مسئول کاهش فشار خون، خاصیت ضد التهابی و ضد ویروسی نیز هستند (Sathishkumar et al., 2008). از لحاظ میزان فلاونوئیدها، چای یکی از غنی‌ترین گیاهان می‌باشد (Chaturvedula et al., 2011). تحقیقات نشان داده است که میزان مواد مؤثره در اندام‌ها و گیاهان هیچ‌گاه ثابت نیست و متناسب با مراحل رشد گیاه و شرایط محیطی قابل تغییر است. همچنین گزارش شده است که شرایط محیطی مختلف مانند ویژگی‌های اقلیمی، تغییرات فصلی و شرایط خاک، دما، نور و رطوبت می‌تواند ترکیب‌های ساپونینی گیاهان را نیز تحت تأثیر قرار دهد (Miranda et al., 2012).

## نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش بیانگر آن است که کاربرد تلفیقی نظام‌های خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد سولفات پتاسیم برتری قابل توجهی نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آن‌ها داشت. بیشترین مقدار عملکرد اقتصادی کاسبرگ چای ترش در نظام خاک‌ورزی کاهشی، حفظ ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌دست آمد، بالاترین میزان آنتوسیانین کاسبرگ از تیمار خاک‌ورزی متداول و حفظ ۳۰ درصد بقایای گیاهی و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل گردید. نتایج نشان داد که کاربرد نظام‌های کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول توأم با مدیریت بقایای گیاهی (۶۰ و ۳۰ درصد) و کاربرد کود پتاسیم (۱۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در افزایش عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک چای ترش نقش مؤثری ایفا می‌کند. به‌طور کلی، با توجه به آنچه در مورد عملکرد گیاهان مورد بررسی مشاهده شد، نظام کم خاک‌ورزی و تیمار ۶۰ درصد بقایای گیاهی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم توصیه می‌شود. از آنجایی که سیستان منطقه‌ای مناسب جهت رشد چای ترش می‌باشد و با توجه به اهمیت دارویی این گیاه، پیشنهاد می‌گردد، تحقیقات بیش‌تری در زمینه کاشت این گیاه در منطقه انجام گیرد.

## Refrences

Abou El-Magd, M.M., Zaki, M.F., and Camilia, Y., 2010. Effect of planting dates and different levels of potassium fertilizers on growth, yield and chemical composition of sweet fennel cultivars under newly reclaimed sandy soil conditions. American Science 6(7): 89-106.

Adeli, A., Neshat, A., Naghavi, H., and Irandoost, M., 2011. Investigation of the effect of application of different amounts of potassium sulfate fertilizer on biological and economic performance of barley. Fifth National

Conference on Watershed Management and Land and Water Resources Management. 10 March, Kerman, Iran. (In Persian)

Ahmadi, M., and Bahrani, M.J., 2009. Yield and yield component of rapeseed as influenced by water stress at different growth stage and nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science (5): 755-761.

Akanbi, W.B., Oaniyn, A.B., Togum, A.O., Ilupeju, A.E.O., and Olairan, O.A., 2009. The effect of organic fertilizer on growth, calyx yield and quality of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Amrican-Eurasian Journal of Sustainable Agricalture 3(4): 652-657.

Akram, M.S., 2006. Influence of exogenously applied K from different sources on sunflower under salt stress. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

Amini, A., Rajaei, M., and Farsi Nejad, K., 2014. The effect of different tillage methods and crop residue management on yield and yield components of wheat. Plant Ecophysiology 6(16): 27-37. (In Persian with English Summary)

Anonymous (C), 2014. Hormozgan Agricultural Jahad Organization, Iran. Available at: www.Sb-agrijahad.ir (In Persian)

Araya, T., Cornelis, W.M., Nyssen, J., Govaerts, B., Getnet, F., Bauer, H., Amare, K., Raes, D., Haile, M., and Deckers, J., 2012. Medium-term effects of conservation agriculture based cropping systems for sustainable soil and water management and crop productivity in the Ethiopian highlands. Field Crops Research 132: 53-62. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.009

Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

Asghari, G., Karimi, A., and Pourmohammad, A.R., 2013. The effect of different effects of tillage planting on soil moisture and safflower efficiency in alternate with dry wheat. Knowledge of Water and Damage 23(1): 237-245.

Aykas, E., and Onal, I., 2004. Effects of different tillage techniques on cotton yield and quality. Asian Journal of Plant Science 3: 403-405. 10.3923/ajps.2004.403.405

Azad Shahraki, F., Naghavi, H., and Najafi Nejad, H., 2010. Effects of tillage systems and wheat residue management on Soil characteristics and yield of maize in Kerman. Journal of Modern Agriculture 8(19): 2-9. (In Persian with English Summary)

Bolie, F., Rubio, R., Rouanet, J.L., Morales, A., and Rojas, C., 2006. Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in achilean ulti Sol. Soil and Tillage Research 8: 253-261.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annal Biochemistery 72: 248-254.

Buman, R.A., Alesi, B.A., Bardley, J.F., Hatfield, J.L., and Karlen, D.L., 2005. Profit and yield of tillage in cotton production system. Journal of Soil and Water Conservation 60: 235-242

Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., and Dulazi, A.A., 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. International Soil and Water Conservation Research 3(2): 119-129. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002

Cavalaris, C.K., and Gemtos, T.A., 2002. Evaluation of four conservation tillage methods in the sugar beet crop. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development 4: 1-24.

Chang, C.C, Yang, M.H., Wen, H.M., and Chern, J.C., 2002. Estmation of total flavonoid content in proplis by two complementary colorimetric methods. Food Drug Analysis Journal 10: 178-182.

Chaturvedula, V.S., and Prakash, I., 2011. The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. Journal of Medicinal Plants Research 5(11): 24-2110.

Cook, R.J., and Hauguland, W.A., 1991. Wheat yield depressing associated with conservation tillage caused by root pathogens in the soil, hot phytotoxins from the straw. Soil Biology and Biochemistry 23: 1125-1133.

Crabtree, R.J., and Rupp, R.N., 1980. Double and mono-cropped wheat and soybeans under different tillage and row spacing. Agronomy Journal (27): 445-448. https://doi.org/10.2134/agronj1980.00021962007200030009x

Delgado, R., Matin, P., Alamo, M., and Gonzalez, M.R., 2004. Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilization rates. Journal of Science of Food and Agriculture 84: 623-630. 10.1002/jsfa.1685

De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., and Pisante, M., 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research 92: 69-78. 10.1016/j.still.2006.01.012

Emam, Y., Kheradnam, M., Bahrani, M.J., Asas, M.T., and Ghadiri, H., 2000. The effect of residus management on the grain yield and its components of winter wheat in continuous irrigated wheat cropping. Iranian Journal of Agricultural Science 31: 839-850. (In Persian with English Summary)

Fagbenro, O.A., 2005. Soybean meal substitution with Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed meal in dry practical diets for fingerlings of the African catfish, Clarias gariepinus. Journal of Animals and Veterinary Advances (4): 473-477.

Faraji, M., and Tarkhani, A., 1999. The effect of sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) on essential hypertention. Journal of Ethnopharmacology 65: 231-236.

Ferancis, F.J., 1989. Food colorants: anthocyanin crit rev. Food Science and Nutrition 28(4): 273-314.

Gadermaier, F., Berner, A., Fliebach, A., Friedel, J.K., and Mader, P., 2011. Impact of reduced tillage on soil organic carbon and nutrient budgets under organic farming. Renew Agriculture and Food Systems 1-13.

Ganjali, H., Kamali Deljo, A., and Aziziyan Sherme, A., 2016. Growth characteristics and performance of roselle at different levels nitrogen, phosphor and potassium in Saravan weather conditions. Ecology of Plants 13(1): 29-37. (In Persian with English Summary)

Ghahramanyan, G.R., Ayvazi, A.R., and Noorjo, A., 2010. Effects of tillage systems and wheat residue management on the impact on water, soil physical characteristics, quality and quantity of sugar beet. Journal of Engineering Research Agriculture 11(1): 35-48. (In Persian with English Summary)

Ghanbaryan Alavijeh, H.Z., Chenarbon, H.A., Zand, B., and Hamidi, M., 2014. Effects of different tillage methods on soil physical properties, grain and forage yield of two cultivars maize. Academia Journal of Agricultural Research 2(1): 008-015.

Horvath, E., Szalai, G., and Janda, T., 2007. Induction of Abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Plant Agronomy 26: 290 -300.

Houdiani Mehr, A., Dahmardeh, M., Khamari, A., and Asgharipour, M.R., 2016. Evaluation of tillage systems on agronomic aspects of mixed cultivation of sour roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) and mung bean (*Vigna radiate*) in replacement series. Iranian Crop Science 47(2): 265-276.

Ibramhim, R.S., Miko, H., and Altheac, M., 1998. Effect of N.P.K fertilization on the yield of roselle in *Glycine max*, *Glycine soja* cross. Canadian Journal of Plant Science 62: 293-298.

Jat, R.A., Wani, S.P., and Sahrawat, K.L., 2012. Conservation agriculture in the semi-arid tropics: Prospects and problems. Advances in Agronomy 117: 191-237.

Katsvairo, T., Cox, W.J., and Van, E.H., 2002. Tillage and rotation effects on soil physical characteristics. Agronomy Journal 94: 299-304. https://doi.org/10.2134/agronj2002.2990

Khan, M.G., Silberbush, M., and Lips, S.H., 1995. Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa plants: III. Nitrate reductase activity. Journal of Plant Nutrition 18: 2495-2500. https://doi.org/10.1080/01904169509365079

Kumar, A., and Singh, A., 2012. Review on (*Hibiscus rosa*) sinensis. International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences 3(2): 533-538.

Kumar, J., Arya, K.C., and Sidduqe, M.Z., 2011. Effect of foliar application of $KNO_3$ on growth, yield attributes, yield and economics of hirsutum cotton. Journal of Cotton Research Development 25(1): 122-123.

LaI, R., and Bruce, J.P., 1999. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. Environmental Science and Policy 2: 177-185.

Larson, W.E., Pierce, F.J., and Dowdy, R.H., 1983. The threat of soil erosion to long-term. Crop Production Science, 219: 458-465.

Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Martinez, E., López, J., Rodríguez, M. J., Henríquez, K., and Fuentes, F., 2012. Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) genotypes cultivated in Chile. Ciênc. Tecnol. Aliment., 32 (4): 835-843.

Mohammadi, K., Nabi Allahi, K., Aghaalikhani, M., and Khoormali, F., 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rainfed wheat. Journal of Plant Production 16 (4): 77-91. (In Persian with English Summary)

Montemuro, F., Maiorana, M., Ferri, D., and Convertini, G., 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. Field Crops Research 99: 114-124. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.04.001

Morrison, M., Mcretty, P., and Scarth, R., 2000. Effect of altering plant density on growth characteristics of summer

rape. Can. Journal Plant Science 70: 139-149. https://doi.org/10.04144/cjps90-016

Morton, J.F., 1987. Fruits of Warm Climates. Technology and Engineering, 505 p.

Mukhtar, M.A., 2007. The effect of feeding Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed on broiler chick`s performance. Research Journal of Animal and Veterinary Sciences 2(13): 21-23.

Nguyen, P.M., Kwee, E.M., and Niemeyer, E.D., 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concenteration of basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves. Food Chemistry 123: 1235-1241.

Pahlavan, M., Forghani, A., and Kiekha, A., 2006. Preparation of Sistan plain partiality numerical map annual. Final Project Report, Agricultural and Natural Resources Research Center of Sistan: Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Parsa Motlagh, B., Rezvani Moghadam, P., Ghorbani, R., and Azami Sardooei, Z., 2016. Studying of ecophysiological, morphological, phytochemical, nutritional and agronomical aspects of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a medicinal plant in Jiroft area. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 36 p. (In Persian with English Summary)

Perry, L.M., 1980. Medicinal plants of east and Southeast Asia: Attributed Properties and Uses. MIT Press, Cambridge, 620 p.

Piggin, C., Haddad, A., and Khalil, Y., 2011. Development and promotion of zero tillage in Iraq and Syria. 5$^{th}$World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3$^{rd}$ Farming Systems Design Conference, September 2011 Brisbane, Australia. www.wcca2011.org.

Prtokhazemi, A., Delkhosh, B., and Mohseni, M., 2011. Effect of different tillage methods and plant density on quantitative and qualitative characteristics of varieties of corn. Journal of Plants and Ecosystems 33(8): 105-115. (In Persian)

Pushpa, D., Aggarwal, A., and Gupta, S.R., 2014. Carbon, accumulation, nitrogen uptake and mycorrhizal root colonization in a tropical rice-wheat system in Northern India. India Journal Science 11: 21-31.

Rashki, P., and Piri, H., 2021. The effect of different levels of potassium fertilizer and irrigation water on physiological characteristics and yield of sour roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 14(6): 2136-2147.

Sabeghi Nejad, F., Dahmardeh, M., Asgharipour, M.R., Khamari, A., and Nezami, Z., 2019. Evaluation of the effect of tillage systems on crop rotations of late cultivation of sour roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) and soybean (*Glycine max* L.). Agricultural Ecology 11(3): 1085-1104.

Safari, A., Asoder, M., Ghaseminejad, M., and Ebdali Mashhadi, A., 2013. The effect of redidus, various methods of tillage system and pon soil characteristics and yield of wheat. Journal of Agricultural Knowledge Sustainable Production 23(2): 50-59. (In Persian with English Summary)

Sakinejad, T., 2003. Study of effect of water deficit on the trend of uptake of N, P, K and Na at different growth stages considering the morphological and physiological traits of maize in Ahvaz climate. Ph.D. Thesis on Crop Physiology, Science and Research Branch, Ahvaz, Iran. pp. 288. (In Persian with English Summary)

Sathishkumar, T., Baskar, R., Shanmugam, S., Rajasekaran, P., Sadasivam, S., and Manikandan, V., 2008. Optimization of flavonoids extraction from the leaves of *Tabernaemontana heyneana* wall using L16 orthogonal design. Nature and Science 6(3): 10-21.

Thrugnanavel, A., Amutha, R., Baby Rani, W., Indira, K., Mareeswari, P., Muthulaksmi, S., and Parthiban, S., 2007. Studies regulation of flowering in acid lime (*Citrus aurantifoila* swingle.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3(4): 239-241.

Wagner, G.J., 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutralsugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.

Wozniak, A., Wesolowski, M., Soroka, M., 2015. Effect of long-term reduced tillage on grain yield, grain quality and weed infestation of spring wheat. Journal of Agriculture Science and Technology 17: 899-908.

Yalcin, I., Unay, A., and Ucucu, R., 2004. Effects of reduced tillage and planting systems on seed cotton yield and quality. Turk. J. Agric. For. 29: 401-407.

Zakeri, H., and Kazemi, N., 2006. Tillage systems in sustainable agriculture (Translation). University of Ilam Press, Iran. 243 p. (In Persian)