

## Evaluation of the effect of application of different levels of potassium chloride on some growth characteristics and potassium concentration in quinoa

Taleb Nazari<sup>\*1</sup>, Narjes Sousaraee<sup>2</sup>, Mojtaba Barani Motlagh<sup>3</sup>

1. Corresponding Author, Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [talebnazari@yahoo.com](mailto:talebnazari@yahoo.com)
2. Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [sousaraee@gmail.com](mailto:sousaraee@gmail.com)
3. Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [mbarani2002@yahoo.com](mailto:mbarani2002@yahoo.com)

### Article Info

#### Article type:

Full Length Research Paper

#### Article history:

Received: 04.23.2022

Revised: 08.04.2022

Accepted: 09.08.2022

#### Keywords:

Loess soils,  
Normal Ammonium Acetate,  
SPAD

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Potassium (K) is one of the most crucial nutrients for plant growth, not only quantity but also in terms of physiologically and biochemically; it is one of the most essential cations in plants. Therefore, knowing about the optimal level of this element in the soil, as well as plant responses to different amounts, can be an effective aid in the optimal fertilizer recommendation of this nutrient. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of different levels of potassium chloride on yield and potassium concentration in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).

**Materials and Methods:** Potassium-deficient soil was obtained from a depth of 0-30 cm in the agricultural fields of Taqar Tappeh village, 20 km East of Gorgan. To achieve the objectives of this study, an experiment was conducted in a completely randomized design with three replications and 11 treatments, and a total of 33 pots in the greenhouse of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Fertilizer treatments including 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, and 200 mg/kg of potassium of soil and potassium from potassium chloride source are applied to the soil of 5 kg pots, and 6 quinoa seeds (*Titicaca* cultivar) was planted at a depth of 2 cm. Two weeks after the plants sprouted, the number of plants was reduced to two. Cultivated pots were maintained for 8 weeks at the field capacity by weight method. Then fresh and dry shoot weight, upper and lower leaf SPAD, shoot potassium concentration and uptake and, available potassium plant was measured by extraction method with normal ammonium acetate.

**Results:** Based on the results, the effect of different rates of potassium on all studied traits was significant at the level of 1% probability. The results showed that the highest concentration and uptake of potassium by shoots with an average of 1.35 and 2.85% were related to the treatment of 60 and 100 mg/kg potassium chloride, and the lowest values with an average of 0.89 and 0.07% were related to the control treatment, respectively. A weak and non-significant correlation was observed between potassium extracted with normal ammonium acetate and plant indices. Since most of the soils of Golestan province are of loess origin and in most soils loess is the predominant mineral or contains a large percentage of these soils, the use

---

of normal ammonium acetate for extraction of exchangeable potassium, high efficiency in measuring the actual amount of potassium which will not be easily accessible to the plant.

**Conclusion:** The results of this study showed that treatment of 60 and 100 mg/kg potassium chloride resulted in the highest concentration of potassium, uptake of potassium, and leaf SPAD respectively. At the same time, increasing more than 100 mg/kg of potassium chloride consumption could not cause a significant change in the studied traits, including potassium concentration.

---

Cite this article: Nazari, Taleb, Sousaraee, Narjes, Barani Motlagh, Mojtaba. 2022. Evaluation of the effect of application of different levels of potassium chloride on some growth characteristics and potassium concentration in quinoa. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 12 (3), 93-111.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/EJSMS.2022.19622.2044

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## ارزیابی اثر کاربرد سطوح مختلف کلراید پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی و غلظت پتاسیم در گیاه کینوا

طالب نظری<sup>۱\*</sup>، نرجس سوسرایبی<sup>۲</sup>، مجتبی بارانی مطلق<sup>۳</sup>

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [taleb nazari@yahoo.com](mailto:taleb nazari@yahoo.com)

۲. دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [sousaraee@gmail.com](mailto:sousaraee@gmail.com)

۳. گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [mbarani2002@yahoo.com](mailto:mbarani2002@yahoo.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف ضروری برای رشد گیاهان است که نه تنها از نظر مقدار بلکه از لحاظ فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی نیز از مهم‌ترین کاتیون‌ها در گیاهان محسوب می‌شود. بنابراین، اطلاع از حد بهینه این عنصر در خاک و پاسخ‌های گیاهی به کاربرد مقادیر مختلف آن می‌تواند کمک مؤثری در توصیه بهینه کودی این عنصر غذایی داشته باشد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کلراید پتاسیم بر عملکرد و غلظت پتاسیم در گیاه کینوا ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۷	
واژه‌های کلیدی: استات آمونیوم نرمال، خاک‌های لسی، شاخص کلروفیل	مواد و روش‌ها: خاک با کمبود پتاسیم قابل استفاده، از عمق ۳۰-۰ سانتی متری مزارع کشاورزی روستای تقریباً در ۲۰ کیلومتری شرقی شهر گرگان تهیه شد. برای دستیابی به اهداف این پژوهش، آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با ۱۱ تیمار و در مجموع با ۳۳ گلدان در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به اجرا درآمد. تیمارهای کودی شامل ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم خاک و پتاسیم از منبع کلراید پتاسیم به خاک گلدان‌های پنج کیلویی اعمال و تعداد ۶ عدد بذر کینوا (رقم تی‌تی‌کاکا) در عمق ۲ سانتی متری کشت گردید. دو هفته پس از سبز شدن گیاهان تعداد بوته‌ها به دو عدد تقلیل یافت. گلدان‌های کشت شده به مدت ۸ هفته در رطوبت حدود ظرفیت مزرعه به روش وزنی نگهداری شدند. سپس وزن تر و خشک اندام هوایی، شاخص کلروفیل برگ بالایی و پایینی، غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی و پتاسیم قابل استفاده گیاه به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال اندازه‌گیری شد.
	یافته‌ها: بر پایه نتایج به دست آمده، اثر سطوح مختلف پتاسیم بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین غلظت و جذب پتاسیم اندام

---

هوایی به ترتیب با میانگین ۱/۳۵ و ۲/۸۵ درصد مربوط به تیمار ۶۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم مصرف کلرید پتاسیم و کمترین مقدار به ترتیب با میانگین ۰/۸۹ و ۰/۷۰ درصد مربوط به تیمار شاهد بود. هم‌چنین بین پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط استات آمونیوم نرمال و شاخص‌های گیاهی همبستگی ضعیف و غیرمعنی‌دار مشاهده گردید. از آنجایی‌که غالب خاک‌های استان گلستان دارای منشأ لسی می‌باشند و در بیش‌تر خاک‌ها لسی کانی ایلیت غالب بوده و یا درصد زیادی از این خاک‌ها را شامل می‌شود، استفاده از استات آمونیوم نرمال برای عصاره‌گیری پتاسیم تبادلی، کارآیی بالایی در اندازه‌گیری مقدار واقعی پتاسیمی که به آسانی برای گیاه قابل دسترس باشد، نخواهد داشت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تیمار ۶۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم کلراید پتاسیم به ترتیب باعث به‌دست آمدن بالاترین غلظت پتاسیم، جذب پتاسیم و شاخص کلروفیل برگ شد. در عین حال افزایش بیش از ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم مصرف کلرید پتاسیم نتوانست تغییر معنی‌داری در صفات مورد بررسی از جمله غلظت پتاسیم ایجاد نماید.

---

**استناد:** نظری، طالب، سوسرایی، نرجس، بارانی مطلق، مجتبی (۱۴۰۱). ارزیابی اثر کاربرد سطوح مختلف کلراید پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی و غلظت پتاسیم در گیاه کینوا. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۲ (۳)، ۱۱۱-۹۳.

DOI: 10.22069/EJSMS.2022.19622.2044



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### مقدمه

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa Willd.*) گیاهی یکساله جزء خانواده تاج خروسیان<sup>۱</sup>، زیر خانواده اسفناج<sup>۲</sup> پهن برگ، با ارتفاع یک تا دو متر است که از آمریکای لاتین منشأ گرفته است. کینوا به عنوان گیاهی پروتئینی شناخته می شود و از معدود گیاهانی است که می تواند تا حدی پروتئین کامل بدن انسان را تأمین کند و تمامی آمینواسیدهای مورد نیاز برای سلامتی بدن انسان را فراهم آورد به نحوی که ارزش غذایی بالای دانه کینوا موجب مقایسه آن با شیر خشک توسط سازمان خواروبار جهانی شده است (۱). دانه کینوا محصول اصلی این گیاه است. بذرها کینوا به طور متوسط دارای ۱۶ درصد پروتئین هستند که بالاتر از مقدار پروتئین در بذر سایر غلات است. از سوی دیگر، پروتئین کینوا دارای کیفیت بالایی است که این گیاه را به معیارها و استانداردهای فائو به منظور تغذیه انسانها، نزدیک کرده است. مقدار اسیدآمینوهای لیزین، متیونین و سیستئین در پروتئین کینوا بالا است، به نحوی که این گیاه را نسبت به غلات (از نظر اسیدآمینو لیزین) و حبوبات (از نظر اسیدآمینوهای متیونین و سیستئین) برتری داده است (۲). به همین دلیل، جایگزین مناسبی برای برنج به شمار می رود (۳). این گیاه مقاومت قابل ملاحظه‌ای در برابر طیف وسیعی از تنش‌های غیرزنده از قبیل سرما، شوری و آبی از خود نشان می دهد و همچنین به خوبی قابلیت رشد در بسیاری از محیط‌های حاشیه مبتلا به خشک سالی و یا تنش شوری که در حال حاضر دارای بهره‌وری بسیار پایین هستند را دارد (۴). تغذیه صحیح گیاهان یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول محسوب می گردند و هر عنصر باید به اندازه کافی برای تغذیه مناسب در دسترس گیاه قرار گرفته باشد. ایجاد تعادل و رعایت نسبت

عناصر نیز از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای با افزودن تعدادی از عناصر غذایی نه تنها افزایش عملکرد رخ نمی دهد بلکه اختلالاتی نیز در رشد گیاه ایجاد گردیده و در نهایت افت محصول به وجود خواهد آمد (۵). در بین عناصر غذایی، پتاسیم به عنوان یک عنصر پرمصرف در گیاهان نقش اساسی داشته و به عنوان دومین عنصر مهم کودی از اهمیت بالایی برخوردار است. اهمیت کود پتاسیم برای بهبود عملکرد و کیفیت گیاه به خوبی شناخته شده است (۶). پتاسیم کاتیون حامل آنیون‌ها بوده، در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تقسیم سلولی، افزایش تحمل بیماری‌های گیاهی و تنش‌های محیطی مانند شوری و سرما و فعال شدن بیش از ۶۰ نوع آنزیم و افزایش واکنش کاتالیزوری در گیاه نقش مهمی دارد. همچنین پتاسیم اثرات مطلوبی بر متابولیسم اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد زمینه‌ای رشد دارد (۷). یکی از وظایف مهم پتاسیم نقش حفاظتی آن در جلوگیری از تخریب سلول در برابر گونه‌های فعال اکسیژن است. کلروپلاست‌ها در تولید افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در تنش‌های محیطی از جمله خشکی، کمبود عناصر غذایی و شوری نقش دارند، این گونه‌های فعال اکسیژن به شدت سمی بوده باعث تخریب غشاءهای سلولی، کاهش میزان کلروفیل، کلروزه و نکروزه شدن برگ‌ها می شوند. پتاسیم به وسیله افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده، این گونه‌های فعال را خنثی می نماید (۸). گیاهان در هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و شوری نیاز بیشتری به کاربرد پتاسیم دارند که می تواند به ضرورت پتاسیم برای حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن در فرآیند فتوسنتز نسبت داده شود (۹). پتاسیم به عنوان یکی از عناصر مهم مورد نیاز گیاه نقش مهمی در نگهداری فشار تورگر در هر دو شرایط خشکی و شوری ایفا می کند (۱۰). عزیزآبادی و همکاران

1- Amaranthaceae  
2- Chenopodiaceae

مقداری از پتاسیم غیرتبادلی استخراج می‌شود (۱۸). ارزیابی عصاره‌گیرها برای تعیین پتاسیم قابل استفاده ذرت در خاک‌های آهکی کردستان نشان داد که عصاره‌گیر استات آمونیوم مولار به دلیل همبستگی با جذب و غلظت پتاسیم، هم‌چنین عملکرد خشک گیاه مناسب‌ترین عصاره‌گیر است (۱۹). خودشناس و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی ارزیابی عصاره‌گیرهای شیمیایی و تعیین حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های زیر کشت لوبیا از شش عصاره‌گیر شامل آب مقطر، اسیدکلریدریک ۰/۱۳ مولار، اسید نیتریک ۰/۵ مولار، کلرور کلسیم ۰/۲۵ مولار، محلول عصاره‌گیر اولسن و استات آمونیم یک مولار برای استخراج پتاسیم قابل‌استفاده خاک استفاده کردند. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی عصاره‌گیرهای مختلف با پاسخ‌های گیاهی حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد که استات آمونیم یک مولار با غلظت و جذب کل پتاسیم گیاه، همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد اما سایر عصاره‌گیرها همبستگی معنی‌داری نشان ندادند (۲۰). این روش به علت سهولت در اندازه‌گیری پتاسیم و نیز داشتن همبستگی بالا با پاسخ‌های گیاهی، می‌تواند در دامنه‌ای وسیع از خاک‌های دارای ویژگی‌های متفاوت فیزیکی و شیمیایی، پاسخ گیاهان را به استفاده از پتاسیم پیش‌بینی نماید (۲۱). گیاه کینوا به تازگی از طرف وزارت جهاد کشاورزی برای کشت در مناطق شور و با محدودیت تأمین آب کافی، توصیه شده است اما اطلاعات زیادی در مورد ویژگی‌های رشد و نمو و نیاز تغذیه‌ای (کودی) این گیاه در کشور در دسترس نیست. شناخت نیازهای تغذیه‌ای گیاه کینوا یکی از الزامات اساسی در توسعه کشت آن می‌باشد. از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کلرید پتاسیم بر عملکرد و غلظت پتاسیم در گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) به انجام رسید.

(۲۰۱۴) در بررسی تأثیر پتاسیم و تنش خشکی بر شاخص‌های رشدی و غلظت عناصر غذایی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گزارش کردند که افزایش سطوح پتاسیم سبب افزایش غلظت پتاسیم برگ گیاه گلرنگ می‌شود (۱۱). فتی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد، کیفیت و محتوای عناصر غذایی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) گزارش کردند که افزایش مقادیر مصرف پتاسیم به طور معنی‌داری وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی را افزایش داد (۱۲). اگیلا و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که مصرف مقدار کافی از کود پتاسیم در مقایسه با شرایط کمبود پتاسیم، محتوای رطوبت برگ و روابط آبی گیاه را با کاهش پتانسیل اسمزی در گیاه بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) بهبود بخشید، به طوری که منجر به پایداری میزان فتوسنتز خالص، تعرق و هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی و شرایط عاری از تنش شد (۱۳). آبگاد و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر سطوح فسفر و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) گزارش کردند سطوح مختلف پتاسیم (۰، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار) باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل اسفناج شد به نحوی که بیش‌ترین مقدار کلروفیل با میانگین ۱/۹۸ میلی‌گرم در گرم از تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار ۱۵ و ۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب رشدی معادل با ۶/۴۵ و ۱۹/۲۷ درصد داشت (۱۴). افزایش مقدار کلروفیل در غلظت‌های بهینه پتاسیم توسط پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش شده است (۱۵). معمولاً توصیه کود پتاسیمی براساس مقدار پتاسیم تبادلی خاک صورت می‌گیرد (۱۶). که نتایج منطقی را در بسیاری از خاک‌ها دارد (۱۷). طیف گسترده‌ای از عصاره‌گیرها برای تعیین پتاسیم قابل‌استفاده گیاه به کار رفته که روش استات آمونیوم مولار خنثی از همه متداول‌تر است. در این روش مجموع پتاسیم تبادلی و محلول و

## مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر کاربرد سطوح مختلف کلرید پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رویشی و غلظت پتاسیم گیاه کینوا (رقم تی‌تی‌کاکا)<sup>۱</sup> و برقراری ارتباط بین پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم نرمال و جذب آن در گیاه، یک نمونه خاک، از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری مزارع کشاورزی زیر کشت گیاه باقلا (*Vicia faba*) روستای تقریباً در ۲۰ کیلومتری شرقی شهر گرگان با مختصات جغرافیایی عرض شمالی ۳۶° ۵۲' ۷/۶" و طول شرقی ۵۴° ۳۸' ۱۴/۲" برداشته شد. پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مانند بافت خاک به روش هیدرومتری (۲۲)، pH در عصاره ۱:۲ (۲۳)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع، ماده آلی به روش والکی - بلک (۲۴)، نیتروژن کل به روش کج‌دال (۲۵)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (۲۶)، پتاسیم قابل استفاده با استفاده از استات آمونیوم (۲۷)، آهن و روی به وسیله دستگاه جذب اتمی (مدل A۹۱۹، ساخت Unicam انگلستان) بعد از عصاره‌گیری خاک با DTPA به روش لیندزی و نرول (۲۸) اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). بر اساس آزمون خاک نیتروژن از منبع اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (۴۰ کیلوگرم در هکتار) و عناصر غذایی کم‌مصرف روی از منبع سولفات (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی) تأمین شدند. کود فسفر و عناصر کم‌مصرف در زمان کاشت گیاه ولی کود نیتروژن به دو قسمت مساوی و در دو مرحله کاشت گیاه، مرحله چهار تا شش برگی به صورت سرک همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. برای دستیابی به اهداف این پژوهش، آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با ۱۱ تیمار و در مجموع با ۳۳ گلدان در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

به اجرا درآمد. تیمارهای کودی شامل ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم خاک از منبع کلرید پتاسیم بود. واحدهای آزمایشی گلدان‌های پنج کیلویی بود که پس از اعمال تیمارها تعداد ۶ عدد بذر کینوا (رقم تی‌تی‌کاکا) در عمق ۲ سانتی‌متری در هر گلدان کشت گردید. دو هفته پس از سبز شدن گیاهان تعداد بوته‌ها به دو عدد تقلیل یافت. عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز با دست انجام گرفت. رطوبت خاک گلدان‌ها در طول دوره رشد گیاه در حدود ظرفیت مزرعه به روش وزنی تأمین شد. آن‌گاه پس از گذشت ۸ هفته گیاهان به صورت کف‌بر برداشت و ابتدا با آب شهری سپس با آب مقطر شسته و روی تورهای پلاستیکی پنخ‌شد تا آب اضافی موجود در سطح آن‌ها حذف شود. سپس نمونه‌ها داخل آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفتند و بعد از آن وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. هضم نمونه‌های گیاهی با روش سوزاندن خشک انجام گرفت (۲۹). مقدار پتاسیم اندام‌های هوایی با دستگاه فلیم فتومتر (مدل *pfp7* ساخت *JENWAY* انگلستان) اندازه‌گیری شد و سپس جذب کل پتاسیم (حاصل‌ضرب وزن ماده خشک در غلظت پتاسیم) در هر گلدان تعیین گردید (۱۹). هم‌چنین شاخص کلروفیل برگ دقیقاً قبل از برداشت در برگ پایینی و برگ بالایی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل *ccm - 200*، ساخت *Opti - sciences* آمریکا) اندازه‌گیری شد. پتاسیم قابل جذب خاک با استفاده از عصاره‌گیره استات آمونیوم استخراج و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد (۳۰) آنالیز آماری مقایسه بین تیمارهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار *SAS* انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون *LSD* (در سطح احتمال ۵ درصد) استفاده شد. هم‌چنین برای ترسیم نمودارها از برنامه *Excel* استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد سطوح مختلف کود پتاسیم بر وزن تر و خشک اندام هوایی، شاخص کلروفیل و غلظت پتاسیم خاک و گیاه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر کاربرد کود پتاسیم بر تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین وزن تر با میانگین ۱۵/۰۹ گرم در گیاه مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کود پتاسیم و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۴/۶۲ گرم در گیاه مربوط به تیمار شاهد بود. هم‌چنین بیش‌ترین وزن خشک با میانگین ۲/۲۸ گرم در گیاه مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کود پتاسیم و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۰/۷۹ گرم در گیاه مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). وزن خشک کل (نهایی) گیاه شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد محسوب می‌شود به‌طورکلی، وزن خشک بالاتر نشان‌دهنده کارایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد است (۳۱). پتاسیم با تأثیر مثبت در افزایش ارتفاع و سطح برگ باعث افزایش رشد و وزن گیاه می‌شود (۳۲). با افزایش میزان پتاسیم، میزان تثبیت دی‌اکسید کربن به‌دلیل کارکرد مطلوب روزانه افزایش می‌یابد و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و بدین ترتیب تولید کربوهیدرات در برگ‌ها افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش در وزن خشک برگ‌ها می‌شود (۳۳). پتاسیم با این‌که در ساختمان هیچ‌کدام از ترکیبات مهم گیاهی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و قندها شرکت ندارد، اما به عنوان مهم‌ترین فعال‌کننده آنزیم‌ها احیاکننده گاز کربنیک نقش ایفا می‌کند و به همین دلیل کمبود آن باعث کاهش سوخت و ساز گیاه شده در نتیجه منجر به کاهش رشد می‌شود (۳۴). مطالعات حسین و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد وجود مقادیر مناسب پتاسیم می‌تواند در گیاه لوبیا چشم بلبلی

(*Vigna unguiculata* L.) سبب ایجاد تعادل در پتانسیل آبی و افزایش ترکیبات آلی شود که در نتیجه وزن تر و خشک بیش‌تر می‌شود (۳۵). زاهدی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر پتاسیم بر عملکرد دانه و غلظت عناصر غذایی در لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که کاربرد سولفات پتاسیم هم در شرایط نرمال و هم تنش خشکی باعث بهبود وزن خشک بخش هوایی لوبیا چشم بلبلی شد به‌نحوی که بیش‌ترین مقدار وزن خشک بخش هوایی با میانگین ۷/۱۱ گرم از تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم به‌دست آمد (۳۴). تورسیوس و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سطوح پتاسیم (۰/۵، ۲، ۶ میلی‌مولار پتاسیم) و سطوح شوری (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلراید) بر ویژگی‌های رشدی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) در محیط هیدروپونیک گزارش کردند که در شرایط غیر شور، غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی از ۲۸/۱۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک تحت عرضه ۰/۵ میلی‌مولار پتاسیم به‌ترتیب به ۳۱/۷ و ۵۷/۰۷ میلی‌گرم در گرم ماده خشک تحت ۲ و ۶ میلی‌مولار پتاسیم افزایش یافت. لازم به ذکر است که در شرایط شور (۲۰۰ میلی‌مولار) نیز غلظت پتاسیم در اندام هوایی نسبت به شاهد بیش‌تر بود (۳۶). در همین راستا رگو و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که وزن خشک اندام هوایی کینوا متناسب با سطوح مختلف پتاسیم (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی‌گرم در دسی‌مترمکعب) و سطوح آبیاری (۵۰، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ درصد ظرفیت زراعی) افزایش یافت که این افزایش برای همه تیمارها معنی‌دار بود. به‌نحوی که بیش‌ترین مقدار وزن خشک کینوا با میانگین ۳۳/۱ گرم در گیاه از مصرف ۵۳۵/۲ میلی‌گرم در دسی‌مترمکعب<sup>۱</sup> کود پتاسیم (K<sub>2</sub>O) به‌دست آمد.

1- mg/dm<sup>3</sup>



آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند که بیش‌ترین بازدهی گیاه کینوا (عملکرد دانه، تعداد دانه و وزن ۱۰۰ دانه) را به سمیت ناشی از افزایش پتاسیم خاک نسبت دادند (۳۷).  
 از کاربرد ۳۷۵ میلی‌گرم بر دسی‌مترمکعب پتاسیم و سطح آبیاری ۵۰ درصد به‌دست می‌آید و کاهش خطی

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

**Table 1. Some physico-chemical properties of soil used in the experiment.**

بافت خاک	قابلیت هدایت الکتریکی	pH	کربن آلی	روی قابل استفاده	آهن قابل استفاده	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل	پتاسیم قابل جذب
Soil texture	EC (dSm <sup>-1</sup> )	گل اشباع	OC (%)	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	N (%)	K (mg kg <sup>-1</sup> )
سیلتی لوم Silty loam	1	7.83	1.1	0.43	10.54	8.8	0.1	97

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد سطوح مختلف پتاسیم بر صفات گیاه و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم.

**Table 2. Analysis of variance of the effect of application different potassium rates on plant characteristics and NH<sub>4</sub>OAc-extractable Potassium.**

میانگین مربعات MS							درجه آزادی
جذب پتاسیم	غلظت پتاسیم گیاه	پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم	شاخص کلروفیل برگ پایین	شاخص کلروفیل برگ بالایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	df
Uptake of K	Plant potassium concentration	NH <sub>4</sub> OAc-extractable Potassium	Lower leaf SPAD	Upper leaf SPAD	Shoots dry weight	Shoots fresh weight	df
0.047**	1163.08**	1396.60**	66.39**	79.99**	0.631**	30.44**	10
0.000	6.73	0.90	1.60	0.87	0.0009	0.17	22
0.789	5.08	0.47	3.40	2.41	7.35	5.08	تغییرات (%) CV%

\*\* تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

\*\* Significant at 1% probability level

پایینی اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول ۳). هم‌چنین بیش‌ترین شاخص کلروفیل برگ بالایی گیاه با میانگین ۴۹/۱۶ درصد از کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کود پتاسیم به‌دست آمد که نسبت به کم‌ترین مقدار یعنی ۳۹/۹۱ درصد حاصل از

بیش‌ترین شاخص کلروفیل برگ پایینی با میانگین ۴۴/۳۳ مربوط به تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کم‌ترین مقدار با میانگین ۳۳/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار شاهد بود هر چند بین تیمار ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شاخص کلروفیل برگ

شاخص‌های رشدی گیاه توت‌فرنگی (رقم پاروس) را به اثر کاربرد سولفات پتاسیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش محتوایی نسبی آب برگ و افزایش غلظت عناصر غذایی در بافت گیاه نسبت دادند. آن‌ها همچنین گزارش کردند محلول‌پاشی سولفات پتاسیم با غلظت ۲ گرم بر لیتر به ترتیب سبب افزایش ۲۷/۶، ۳۳/۶ و ۶/۴۵ درصدی مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل برگ نسبت به گیاه شاهد شد (۴۲). رفیعی‌راد و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر سطوح مختلف کلرید پتاسیم و دما بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دانهال نارنج گزارش کردند که افزایش غلظت کلرید پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل a، b و کل گردید اما از نظر آماری اختلاف میان سطوح کلرید پتاسیم معنی‌دار نبود. آن‌ها همچنین گزارش کردند بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، b و کل در غلظت ۱۰ میلی‌مولار کلرید پتاسیم به ترتیب با (۱۶/۸، ۳۰/۸ و ۱۹ درصد) افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده گردید (۴۳). وقاص و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی سطوح مختلف پتاسیم (۰، ۳ و ۶ میلی‌مولار) و شوری (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار) در گیاه کینوا نشان دادند که در شرایط غیرشور بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل با میانگین ۲/۳۶ میلی‌گرم بر گرم از تیمار ۶ میلی‌مولار پتاسیم به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۳ میلی‌مولار و تیمار بدون مصرف پتاسیم به‌ترتیب رشدی معادل ۱۶/۶۶ و ۲۰/۳۳ درصد داشت (۴۴). همچنین آکسو و آلتای (۲۰۲۰) در بررسی اثرات کاربرد پتاسیم بر تنش خشکی در گیاه چغندرقد (*Beta vulgaris* L.) نشان دادند که مقدار کلروفیل b با استفاده از ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم در سطح ۶۶ درصد ظرفیت زراعی، ۴۲/۶۳ درصد افزایش یافت (۴۵).

تیمار شاهد افزایشی معادل ۲۳/۱۷ درصد داشت (جدول ۳). پتاسیم موجود در کودها، عملکرد و کیفیت محصول را تحت‌تأثیر قرار داده و آن را بهبود می‌بخشد هم‌چنین تغذیه بهینه پتاسیم نقش مثبتی در بهبود روابط آبی، میزان کلروفیل، افزایش سطح برگ، افزایش رشد ریشه و افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش محصول گیاه را دارا می‌باشد (۳۸). دگل این نوستتیا و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که کمبود پتاسیم موجب کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن فتوسنتزی و کاهش تولید رنگدانه‌های کلروفیل می‌گردد (۳۹). نتایج به‌دست آمده از پژوهش عزیزآبادی و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که سطوح مختلف پتاسیم تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر شاخص کلروفیل برگ گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) داشت. آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند که افزایش مصرف پتاسیم باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ گیاه گلرنگ شد به نحوه‌ای که بیش‌ترین شاخص کلروفیل با میانگین ۶۸/۷۷ در تیمار ۲۳۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک به‌دست آمد (۱۱). یانگ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر مختلف سطوح پتاسیم بر روی رشد و ویژگی‌های فتوسنتزی کاهو (*Lactuca sativa* L.) مشاهده کردند که افزایش سطح پتاسیم تا ۱۵۶ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار میزان فتوسنتز گردید در حالی که سطوح بالاتر پتاسیم ۲۹۵ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش این ویژگی گردید که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد (۴۰). اصغری‌پور و حیدری (۲۰۱۱) در بررسی تأثیر کود پتاسیم بر مقاومت به خشکی گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) دریافتند که محتوای کلروفیل با افزایش سطح آبیاری و پتاسیم به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (۴۱). در همین رابطه ملک‌زاده شمس‌آبادی و همکاران (۲۰۲۰) افزایش

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کاربرد سطوح مختلف پتاسیم بر صفات گیاه.

Table 3. Means comparison of the effect of application different potassium rates on plant characteristics.

تیمار	وزن تر اندام هوایی (گرم در گیاه)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گیاه)	شاخص کلروفیل برگ بالایی	شاخص کلروفیل برگ پایینی	غلظت پتاسیم گیاه (درصد)	جذب پتاسیم (درصد)
Treatment	Shoots fresh weight	Shoots dry weight	Upper leaf SPAD	Lower leaf SPAD	Plant potassium concentration	Uptake of K
شاهد	4.62 <sup>h</sup>	0.79 <sup>f</sup>	39.91 <sup>h</sup>	33.04 <sup>d</sup>	0.89 <sup>g</sup>	0.70 <sup>g</sup>
۲۰	7.35 <sup>e</sup>	1.31 <sup>c</sup>	33.88 <sup>gh</sup>	31.65 <sup>d</sup>	1.16 <sup>d</sup>	1.52 <sup>d</sup>
۴۰	7.45 <sup>e</sup>	1.31 <sup>c</sup>	39.30 <sup>e</sup>	39.77 <sup>b</sup>	1.22 <sup>c</sup>	1.60 <sup>d</sup>
۶۰	8.81 <sup>d</sup>	1.41 <sup>c</sup>	39.74 <sup>de</sup>	39.65 <sup>b</sup>	1.35 <sup>a</sup>	1.90 <sup>c</sup>
۸۰	12.19 <sup>b</sup>	1.83 <sup>b</sup>	41 <sup>d</sup>	40.35 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>	2.30 <sup>b</sup>
۱۰۰	15.09 <sup>a</sup>	2.28 <sup>a</sup>	49.16 <sup>a</sup>	44.33 <sup>a</sup>	1.25 <sup>b</sup>	2.85 <sup>a</sup>
۱۲۰	10.49 <sup>c</sup>	1.69 <sup>b</sup>	44.21 <sup>b</sup>	43.52 <sup>a</sup>	1.15 <sup>d</sup>	1.95 <sup>c</sup>
۱۴۰	7.32 <sup>e</sup>	1.01 <sup>de</sup>	42.60 <sup>c</sup>	37.32 <sup>c</sup>	1.10 <sup>e</sup>	1.11 <sup>ef</sup>
۱۶۰	6.39 <sup>f</sup>	1.06 <sup>d</sup>	36.67 <sup>f</sup>	35.36 <sup>c</sup>	1.09 <sup>e</sup>	1.16 <sup>e</sup>
۱۸۰	5.28 <sup>hg</sup>	0.88 <sup>ef</sup>	34.52 <sup>g</sup>	31.30 <sup>d</sup>	1.06 <sup>f</sup>	0.93 <sup>f</sup>
۲۰۰	5.78 <sup>fg</sup>	0.94 <sup>edf</sup>	33.51 <sup>gh</sup>	32.55 <sup>d</sup>	1.05 <sup>f</sup>	0.99 <sup>ef</sup>

ستون‌های دارای یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means followed with the same letters in each column are not significant at P<0.05 by LSD Test

برای چغندر قند، غلظت پتاسیم در برگ‌های بالغ ۲۰-۶۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک (۴۶) و برای اسفناج ۳۵-۵۳ میلی‌گرم در گرم ماده خشک می‌باشد (۴۷). فتی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر سطوح مختلف پتاسیم (۰، ۵۷، ۱۱۴ کیلوگرم در هکتار) بر ویژگی‌های رشدی چغندر قند گزارش کردند که بیش‌ترین مقدار پتاسیم اندام هوایی و غده به ترتیب با میانگین ۸۶/۹۹ و ۱۱۱/۹۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۱۱۴ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به‌دست آمد (۱۲). مهراندیش و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر منبع و مقدار مصرف پتاسیم بر ویژگی‌های کیفی چغندر قند رقم ارس در شرایط آبیاری کامل و محدود گزارش کردند با افزایش میزان مصرف پتاسیم، غلظت پتاسیم ریشه به طور قابل توجهی کاهش یافت به طوری که، بیش‌ترین غلظت پتاسیم ریشه در تیمار شاهد و

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها مشخص کرد که بیش‌ترین غلظت پتاسیم گیاه با میانگین ۱/۳۵ درصد از کاربرد ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کود پتاسیم به‌دست آمد که نسبت به کم‌ترین مقدار یعنی ۰/۸۹ درصد حاصل از تیمار شاهد افزایشی معادل ۵۱/۶۸ درصد داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطوح پتاسیم، غلظت پتاسیم گیاه از ۱/۳۵ به ۱/۰۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). غلظت پتاسیم در بافت حیاتی کینوا هنوز مشخص نشده است و غلظت‌هایی که در محدوده کمبود قرار دارند هنوز به صورت کمی تعیین نشده‌اند (۳۶). از آنجایی‌که اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) و چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) متعلق به راسته تاج خروسیان زیرخانواده اسفناج هستند. بنابراین، مواد مغذی آن‌ها ممکن است بهترین نیازهای کینوا را نشان دهند (۳۶).

نمی‌یابد (۴۹). لوکاسیو و ساکسنا (۱۹۶۷) در بررسی تأثیر سطوح مختلف پتاسیم از صفر تا ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار در گیاه توت فرنگی بیان کردند که با افزایش میزان مصرف پتاسیم به ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار کاهش معنی‌داری در عملکرد مشاهده شد (۵۰). هم‌چنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها مشخص کرد که کم‌ترین میزان جذب پتاسیم با میانگین ۰/۷۰ درصد در شرایط عدم مصرف کود پتاسیم مشاهده شد. با افزایش کود سولفات پتاسیم بر میزان جذب پتاسیم توسط گیاه افزوده شد به طوری که بیش‌ترین میزان آن با میانگین ۲/۸۵ درصد به‌دنبال کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کود پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۳). حسین‌پور (۲۰۰۴) نشان داد که کاربرد کود پتاسیم باعث افزایش عملکرد، غلظت و جذب پتاسیم در سیر شده است. هر چند پاسخ عملکردی گیاهان مختلف به مصرف پتاسیم در خاک‌های مختلف متفاوت بوده، ولی غلظت و جذب کل پتاسیم در گیاهان به طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف پتاسیم افزایش یافته است (۵۱). افزایش غلظت و مقدار جذب پتاسیم در اثر کاربرد کود پتاسیم نشان می‌دهد که افزودن این عنصر افزون بر تأثیری که بر مقدار جذب پتاسیم از طریق افزایش رشد گیاه دارد، می‌تواند به علت تأمین بیش‌تر پتاسیم، مستقیماً غلظت پتاسیم و در نتیجه جذب کل آن را در گیاه افزایش دهد (۵۲). الدسوکی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی سطوح مختلف پتاسیم بر پاسخ‌های گیاهی پیاز (*Allium cepa* L.) گزارش نمودند که غلظت و جذب پتاسیم، به‌صورت معنی‌داری با کاربرد سولفات پتاسیم تا ۷۵ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد (۵۳). ملاولی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند، با کاربرد سولفات پتاسیم تا ۱۵۶ کیلوگرم در هکتار غلظت جذب پتاسیم در گیاه پیاز خوراکی به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت (۵۴). ملک زاده شمس آباد و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی تعداد دفعات محلول‌دهی

کم‌ترین آن در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار  $K_2O$  به‌دست آمد. تفاوت بین سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار  $K_2O$  از نظر آماری معنی‌دار نبود (۴۸). هم‌چنین توریوس و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سطوح پتاسیم (۰/۵، ۲، ۶ میلی‌مولار پتاسیم) و سطوح شوری (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلراید) بر ویژگی‌های رشدی کینوا در محیط هیدروپونیک گزارش کردند که در شرایط غیرشور، بیش‌ترین مقدار پتاسیم در اندام‌های هوایی کینوا با میانگین ۵۷/۰۷ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در تیمار ۶ میلی‌مولار پتاسیم و کم‌ترین مقدار با میانگین ۲۸/۱۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک از تیمار ۰/۵ میلی‌مولار پتاسیم به‌دست آمد. هم‌چنین آن‌ها گزارش کردند که بیش‌ترین مقدار پتاسیم در برگ کینوا با میانگین ۷۶/۲۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک از تیمار ۶ میلی‌مولار پتاسیم به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۲ و ۰/۵ میلی‌مولار پتاسیم به ترتیب ۴۶/۸۳ و ۳۵۷/۹ درصد افزایش یافت (۳۶). وقاص و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی سطوح مختلف پتاسیم (۰، ۳ و ۶ میلی‌مولار) و شوری (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار) در گیاه کینوا گزارش کردند که بیش‌ترین مقدار با میانگین ۵۷/۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از تیمار ۶ میلی‌مولار با شوری ۱۰۰ به‌دست آمد. در شرایط غیرشور نیز بیش‌ترین مقدار پتاسیم با میانگین ۴۰/۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از تیمار ۶ میلی‌مولار پتاسیم به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۳ میلی‌مولار و تیمار بدون مصرف پتاسیم به ترتیب ۳۴/۷۱ و ۴۹/۶۳ درصد افزایش یافت (۴۴). کرام و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر ژنوتیپ‌ها و میزان کاربرد پتاسیم بر عملکرد و کارایی مصرف پتاسیم در گیاه سیب‌زمینی مصرف لوکس پتاسیم توسط سیب‌زمینی را گزارش کردند، بر اساس این مشاهده عملکرد سیب‌زمینی با کاربرد پتاسیم تا یک نقطه خاص افزایش می‌یابد، فراتر از آن با کود پتاسیم اضافی دیگر عملکرد افزایش

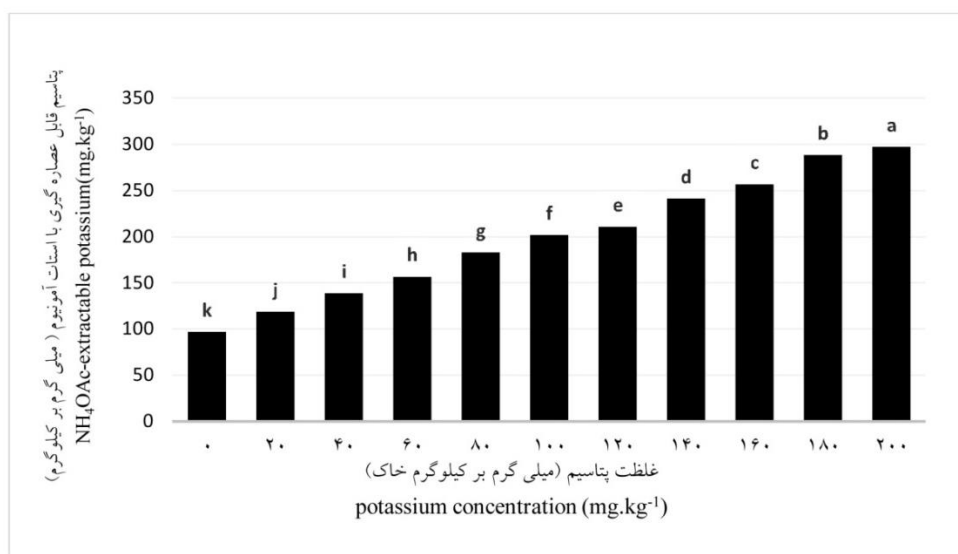
در خاک استفاده می‌شود (۵۶). فرشادی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی شکل‌های پتاسیم در خاک و اجزای آن در تعدادی از خاک‌های لسی و شبه لسی استان گلستان گزارش کردند که میانگین پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط استات آمونیوم نرمال از ۱۰۳ تا ۴۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر می‌باشد (۵۷). همبستگی بین پتاسیم استخراج شده با عصاره‌گیر استات آمونیوم نرمال و شاخص‌های گیاهی کینوا در جدول ۴ ارائه شده است. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد بین غلظت پتاسیم گیاه با جذب پتاسیم ( $r=0/78$ )، وزن تر ( $r=0/68$ )، وزن خشک ( $r=0/70$ )، شاخص کلروفیل برگ بالایی ( $r=0/58$ ) و شاخص کلروفیل برگ پایینی ( $r=0/63$ ) هم‌چنین بین جذب پتاسیم با وزن تر ( $r=0/96$ )، وزن خشک ( $r=0/99$ )، شاخص کلروفیل برگ بالایی ( $r=0/79$ ) و شاخص کلروفیل برگ پایینی ( $r=0/79$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۴). این درحالی است بین پتاسیم استخراج شده با عصاره‌گیر استات آمونیوم نرمال و شاخص‌های گیاهی موردنظر همبستگی مشاهده نگردید (جدول ۴). فتحی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی ارزیابی عصاره‌گیرهای مختلف برای تعیین پتاسیم قابل استفاده ذرت (*Zea mays*) در خاک‌های آهکی استان کردستان گزارش کردند که استات آمونیوم یک مولار با عملکرد، غلظت و جذب پتاسیم توسط گیاه دارای بیش‌ترین همبستگی است (۱۹). خودشناس و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی ارزیابی عصاره‌گیرهای شیمیایی و تعیین حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های زیر کشت لوبیا از میان شش عصاره‌گیر مورد استفاده در خاک‌های مورد مطالعه گزارش کردند استات آمونیم نرمال ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری با غلظت و جذب کل پتاسیم گیاه لوبیا نشان داد (۱۹). همبستگی مثبت و بالا بین پتاسیم قابل‌دسترس با پتاسیم عصاره‌گیری شده با روش استات آمونیوم

و محلول‌پاشی پتاسیم سولفات بر برخی صفات رویشی، زایشی، فیزیولوژیکی و عناصر معدنی در گیاه توت‌فرنگی (رقم پاروس) در کشت بدون خاک گزارش کردند که با افزایش غلظت سولفات پتاسیم مقدار پتاسیم ریشه و برگ افزایش می‌یابد (۴۲). در پژوهشی توسط کاووسی و کلباسی (۲۰۰۰) کاربرد کود پتاسیم در ۱۹ نمونه از ۲۱ نمونه خاک مورد بررسی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد شده است. افزایش غلظت و مقدار جذب پتاسیم در اثر کاربرد کود پتاسیم نشان می‌دهد که افزودن این عنصر افزون بر تأثیری که بر مقدار جذب پتاسیم از طریق افزایش رشد گیاه دارد، می‌تواند به علت تأمین بیش‌تر پتاسیم، مستقیماً غلظت پتاسیم و در نتیجه جذب کل آن را در گیاه افزایش دهد. هم‌چنین این پژوهش‌گران گزارش کردند که به‌رغم افزایش غلظت و جذب پتاسیم توسط برنج، همیشه این افزایش غلظت باعث افزایش عملکرد نشده، که احتمالاً این پدیده به علت مصرف لوکس (تجملی) پتاسیم به وسیله گیاه می‌باشد (۵۲).

هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) نشان داد که پتاسیم قابل‌استخراج با عصاره‌گیر استات آمونیوم نرمال به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سطوح مختلف کودی پتاسیم (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. بیش‌ترین پتاسیم عصاره‌گیری‌شده با عصاره‌گیر استات آمونیوم نرمال با میانگین ۲۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم از کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به‌دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین پتاسیم عصاره‌گیری‌شده با عصاره‌گیر استات آمونیوم نرمال با میانگین ۹۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱). عصاره‌گیرهای متعددی برای ارزیابی وضعیت پتاسیم قابل استفاده خاک پیشنهاد شده است با این وجود رایج‌ترین عصاره‌گیر برای تعیین پتاسیم قابل استفاده در خاک‌ها، محلول استات آمونیوم خشی می‌باشد (۵۵). این عصاره‌گیر در ایران نیز به عنوان عصاره‌گیر برای تعیین پتاسیم قابل‌استفاده

در خاک‌هایی که پتاسیم غیرقابل تبادل منبع قابل توجهی از پتاسیم موجود در گیاه است استات آمونیوم نرمال ممکن است ارزیابی مناسبی از پتاسیم موجود در گیاه را ارائه ندهد (۶۰). ضرابی و جلالی (۲۰۰۹) میانگین بالای پتاسیم عصاره‌گیر شده توسط استات آمونیوم را به مشابه بودن بار، اندازه و انرژی هیدراتاسیون یون آمونیوم با یون پتاسیم نسبت دادند. آن‌ها همچنین گزارش کردند یون آمونیوم به راحتی می‌تواند یون پتاسیم را از مکان‌های تبدالی خارج کند (۶۱). یون آمونیوم به دلیل شعاع هیدراته تقریباً برابر با یون پتاسیم قادر به خارج نمودن پتاسیم موجود در مکان‌های ویژه است از آنجای که گیاه قادر به استفاده از این نوع پتاسیم نمی‌باشد میزان همبستگی پایین می‌باشد. این موضوع شاید به این دلیل باشد که بسیاری از گیاهان پتاسیم مورد نیاز خود را بیشتر از بخش تبدالی و محلول تأمین می‌کنند (۶۲). اصولاً در خاک‌هایی که کانی‌های پتاسیم‌دار مانند ایلات و میکای به مقدار زیاد وجود دارند و در مقابل مقدار کانی‌های اسمکتایت و کائولینیت آن‌ها کم است همبستگی پایینی بین پتاسیم تبدالی و پتاسیم قابل جذب گیاه وجود دارد (۴۲).

نرمال توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (۲۱ و ۵۸). که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت نداشت (جدول ۴). در واقع می‌توان این‌گونه بیان کرد که نوع کانی‌های رسی موجود در خاک می‌تواند در تثبیت پتاسیم مؤثر باشد. بر اساس مطالعات انجام شده غالب خاک‌های استان گلستان دارای منشأ لسی می‌باشند (۵۷). خاک‌های لسی جزء حاصلخیزترین خاک‌های جهان محسوب می‌شوند. اهمیت زیاد خاک‌های لسی در کشاورزی بیش‌تر از جنبه توزیع اندازه ذرات در آن‌ها و نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده این ذرات می‌باشد. لس‌ها حاوی سیلت زیادی هستند و عموماً کانی‌های از نوع میکا که حاوی پتاسیم زیادی هستند در لس‌ها یافت می‌شود (۵۷). زائر نومی (۲۰۰۷) طی آزمایش‌های کانی‌شناسی، در رژیم‌های مختلف رطوبتی استان گلستان، گزارش کرد که کانی‌های غالب در این خاک‌ها ایلات، کلریت، اسمکتیت و کائولینیت می‌باشد. این در حالی است که دو کانی ایلات و کلریت نسبت به کانی‌های دیگر در این خاک‌ها برتری داشتند (۵۹). در واقع ظرفیت تبادل کاتیونی کم کانی ایلات، سبب کاهش مقدار پتاسیم تبدالی و قابل استفاده در این خاک‌ها شده است.



شکل ۱- اثر کاربرد سطوح مختلف پتاسیم بر پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم.

Figure 1. The effect of application different potassium on NH<sub>4</sub>OAc-extractable Potassium.

جدول ۴- ضریب همبستگی پیرسون (r) بین صفات مورد مطالعه.

Table 4. Pearson correlation coefficient (r) between studied characteristics.

شاخص کلروفیل (برگ پایینی)	شاخص کلروفیل (برگ بالایی)	جذب پتاسیم	غلظت پتاسیم گیاه	پتاسیم قابل استفاده با استات آمونیوم	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	تیمار
Lower leaf SPAD	Upper leaf SPAD	Uptake of K	Plant potassium concentration	NH <sub>4</sub> OAc-extractable Potassium	Shoots dry weight	Shoots fresh weight	Treatment
						1	وزن تر اندام هوایی Shoots fresh weight
					1	0.97**	وزن خشک اندام هوایی Shoots dry weight
				1	-0.17 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	پتاسیم قابل استفاده با استات آمونیوم NH <sub>4</sub> OAc-extractable Potassium
			1	-0.14 <sup>ns</sup>	0.7**	0.68**	غلظت پتاسیم گیاه Plant potassium concentration
		1	0.78**	-0.19 <sup>ns</sup>	0.99**	0.96**	جذب پتاسیم Uptake of K
	1	0.79**	0.58**	0.02 <sup>ns</sup>	0.80**	0.85**	شاخص کلروفیل (برگ بالایی) Upper leaf SPAD
1	0.86**	0.79**	0.63**	-0.13 <sup>ns</sup>	0.79**	0.80**	شاخص کلروفیل (برگ پایینی) Lower leaf SPAD

\*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد و غیرمعنی دار

\*\* and <sup>ns</sup> are significant at 1% probability level and not significant, respectively

### نتیجه گیری

غلظت و جذب پتاسیم ایجاد نماید. هم چنین بین پتاسیم استخراج شده با عصاره گیر استات آمونیوم نرمال و شاخص های گیاهی مورد نظر همبستگی ضعیف و غیرمعنی داری مشاهده گردید. از آنجایی که غالب خاک های استان گلستان دارای منشأ لسی می باشند و در بیش تر خاک ها لسی کانی ایلیت غالب بوده و یا درصد زیادی از این خاک ها را شامل می شود، استفاده از استات آمونیوم نرمال برای عصاره گیری پتاسیم تبادلی، کارآیی بالایی در اندازه گیری مقدار واقعی پتاسیمی که به آسانی برای گیاه قابل دسترس باشد را نخواهد داشت.

به طور کلی کاربرد سطوح مختلف پتاسیم باعث افزایش ویژگی های رشد رویشی، غلظت و جذب پتاسیم گیاه کینوا (رقم تی تی کاکا) شد به نحوی که بیش ترین غلظت و جذب پتاسیم به ترتیب با میانگین ۱/۳۵ و ۲/۸۵ درصد مربوط به تیمار ۶۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم مصرف کلرید پتاسیم بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش مقدار مصرف پتاسیم، در مقایسه با عدم مصرف کود شیمیایی، رشد رویشی و غلظت پتاسیم گیاه کینوا بهبود پیدا کرد. با این حال، افزایش بیش از ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم مصرف پتاسیم کلرید نتوانست تغییر معنی داری در صفات مورد بررسی از جمله

منابع

1. Amiryusefi, M., Tadayon, M.R., and Ebrahimi, R. 2020. The effect of biochemical fertilizers on some physiological characteristics, yield components and yield of quinoa plant. Esfahan, Journal of Production and Processing of Crop and Horticultural Products. 10: 2. 1-17. (In Persian)
2. Abugoch, L., Castro, E., Tapia, C., Anon, M.C., Gajardo, P., and Villarroel, A. 2009. Stability of Quinoa Flour Proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) During Storage, Journal of Food Science and technology. 44: 10. 2013-2020.
3. Ceccato, D.V., Daniel Bertero H., and Batlla, H. 2011. Environmental control of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: two potential genetic resources for pre-harvest sprouting tolerance. Seed Science Research. 21: 133-141.
4. Jacobsen, S.E., Hollington, P.A., Hussain, Z. 2002. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a potential new crop for Pakistan. In Prospects for Saline Agriculture. Springer, Dordrecht. pp. 247-249.
5. Madani, H., Hosseinkhani, R., and Sajedi, N. 2009. Effect of different level of potassium sulfate and zeolit on yield and yield component of potato in Arak region, New Finding in Agriculture, 4: 1. 38-49. (In Persian)
6. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., and Guo, Sh. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences. 14: 7370-7390.
7. Bednarz, C.W., and Oosterhuis, D.M. 1999. Physiological changes associated with potassium deficiency in cotton. Journal of Plant Nutrition. 22: 303-313.
8. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168: 541-549.
9. Cakmak, I. 2005. K alleviates detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences. 168: 4. 521-30.
10. Yuncai, H., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of the effects of drought and salinity. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168: 541-549.
11. Azizabadi, E., Golchin, A., and Delavar, M.A. 2014. Effect of potassium and drought stress on growth indices and mineral content of safflower leaf. Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology, 5: 3. 65-80.
12. Fathy, M.F., Motagally, A., and Attia, K.K. 2009. Response of Sugar Beet Plants to Nitrogen and Potassium Fertilization in Sandy Calcareous Soil. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 695-700.
13. Egilla, N., Davies, F.T., and Boutton, T.W. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water use efficiency of Hibiscus rosa - sinensis at three potassium concentrations. Photosynthetica, 43: 1. 135-140.
14. Abgad, N.P., Kuchanwar, O.D., Shirsat, P.R., Ingle, S.N., and Zalte, S.G. 2015. Effect of phosphorus and potassium levels on yield and quality of spinach. Asian Journal of Soil Science, 10: 2. 248-251.
15. Kaya, C., Ashraf, M., Dikilitas, M., and Atilla, L. 2013. Alleviation of salt stress-induced adverse effects on maize plants by exogenous application of indole-3-acetic acid (IAA) and inorganic nutrients - A field trial. Australian Journal of Crop Science, 72: 249-254.
16. Scanlin, L., and Lewis, K.A. 2017. Quinoa as a sustainable protein source: Production, nutrition, and processing. In Sustainable protein sources. Academic Press. pp. 223-238.
17. Bar-Yosef, B., Magen, H., Johnston, A.E., and Kirkby, E.A. 2015. Potassium fertilization: Paradox or K management dilemma. Renewable Agriculture and Food Systems, 30: 2. 115-119.
18. Li, S., Duan, Y., Guo, T., Zhang, P., He, P., Johnston, A., and Shcherbakov, A. 2015. Potassium management in potato production in Northwest region of China. Field Crops Research, 174: 48-54.



19. Fathi, S., Samadi, A., Davari, M., and Asadi Kapourchal, S. 2014. Evaluating different extractants for determining corn available potassium in some calcareous soils of Kurdistan province. *Cereal Research*. 4: 3. 253-266. (In Persian)
20. Khodshenas, M., Ghabbeyklou, J., and Dadivar, M. 2021. Evaluation of chemical extractants and determination of the potassium critical level in soils under the bean cultivation. *Iranian Journal of Soil Research*, 34: 4. 451-463.
21. Armesto, B.R., and Sotres, F.G. 1993. Estimation of soil solution K in Galicia. *Agrochimica*, 37: 1-2. 172-178.
22. Geem, G.H., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P 383-409. In: A. Klute (ed), *Methods of Soil Analysis. Part 2, Physical properties*. Soil Science Society of America, Madison, WI.
23. Jackson, M.L. 1973. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited. New Delhi, India.
24. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 1. 29-38.
25. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen total. P 595-624. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI.
26. Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture; Washington.
27. Black, C.A. 1993. *Soil Fertility Evaluation and Control*. Lewis Pub., London, UK. 547p.
28. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*. 42: 3. 421-428.
29. Jones, Jr.J.B., and Case, V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. *Sampling, handling and analyzing plant tissue samples*, (ed. 3). pp. 389-427.
30. Berg Marlene, G., and Hugh Gardner, E. 1978. *Methods of soil analysis used in the soil testing laboratory at Oregon State University*. Corvallis, Or. Agricultural Experiment Station, Oregon State University. 89: 4. 16.
31. Gomes-Sanchez, D., Vannozzi, G.P., Baldini, M., Tahamasebi Enferadi, S., and Dell Vedove, G. 2000. Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. *Italian Journal of Agronomy*. pp. 371-387.
32. Motesharezadeh, B., Vatanara, F., and Savaghebi, G.R. 2015. Effect of potassium and zinc on some responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Iranian Journal of Soil Research*. 29: 3. 243-258. (In Persian)
33. Kholadbarin, B., and Islamzadeh, T. 2005. *Mineral nutrition of excellent plants (translation)*. Shiraz Univorsti Press, 500p. (In Persian)
34. Zahedi, S., Rasouli, F., and Gohari, Gh.R. 2017. Effect of potassium on grain yield and concentration of some micro nutrients in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) drought stress conditions. *Journal of Iranian Plant Eco physiological Research*, 12: 48. 25-34. (In Persian)
35. Hossein, M.M., Shaaban, M.M., and El-Saady, A.K.M. 2008. Response of cowpea plants grown under salinity stress to pk foliar applications. *American Journal of Plant Physiology*. 3: 2. 81-88.
36. Turcios, A.E., Papenbrock, J., and Tränkner, M. 2021. Potassium, an important element to improve water use efficiency and growth parameters in quinoa (*Chenopodium quinoa*) under saline conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207: 4. 618-630.
37. Rego, V.M., Koetz, M., Bonfim-Silva, E.M., and Araujo da Silva, T.J. 2017. Productive characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under irrigation and potassium fertilization. *Australian Journal of Crop Science*. 11: 11. 1438-1443.

38. Schwartzkopf, C.A.R.L. 1972. Potassium, calcium, magnesium-how they relate to plant growth. USGA Green Section Record, 10: 6. 1-3.
39. Degl' Innocentia, E., Hafsib, C., Guidia, L., and Navari-Izzoa, F. 2009. The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species. Journal of plant physiology. 166: 1968-1981.
40. Yang, X.F., Bie, Z.L., and Xu, J.L. 2007. Effect of potassium supply on the growth, photosynthetic characteristics and quality of lettuce. Acta Hort. 761p.
41. Asgharipour, M.R., and Heidari, M. 2011. Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: plant growth and macronutrient content. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 4893: 197-204.
42. Malekzadeh Shams Abad, M.R., Ismailzadeh, M., and Rusta, H.R. 2020. The Effect of Fertigation Frequency and Foliar Application of Potassium Sulfate on some Vegetative, Reproductive, Physiological Characteristics, and Nutrient Elements of Strawberry Cv. Paros in Soilless Culture System. Abu Rihan Campus Agricultural Journal. 1: 22. 165-179. (In Persian)
43. Rafierad, Z. 2017. 'The effect of different levels of potassium chloride and temperature on some physiological and biochemical characteristics of Citrus Aurantium seedlings', Journal of Soil Management and Sustainable Production, 7: 1. 101-114. (In Persian)
44. Waqas, M., Yaning, C., Iqbal, H., Shareef, M., ur Rehman, H., and Bilal, H.M. 2021. Synergistic consequences of salinity and potassium deficiency in quinoa: Linking with stomatal patterning, ionic relations and oxidative metabolism. Plant Physiology and Biochemistry, 159: 17-27.
45. Aksu, G., and Altay, H. 2020. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. Sugar Tech. 22: 6. 1092-1102.
46. Bryson, G.M., Mills, H.A., Sasseville, D.N., Jones, J.B., and Barker, A.V. 2014. Plant analysis handbook IV. MicroMacro Publishing.
47. Bergmann, W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, Entstehung und Diagnose (2<sup>nd</sup> ed). VEB Gustav Fischer Verlag. 762p.
48. Mehrandish, M., Jami Moeini, M., and Armin, M. 2018. Effect of potassium source and application rate on qualitative characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L. cv. Aras) under full and deficit irrigation. Journal of Plant Ecophysiology, 10: 34. 97-108. (In Persian)
49. Karam, F., Roupheal, Y., and Lahoud, R. 2009. Influence of genotypes and potassium application rates on yield and potassium use efficiency of potato. Agronomy Journal. 8: 27-32.
50. Locascio, S.J., and Saxena, G.K. 1967. Effect of potassium source and rate and nitrogen rate on strawberry tissue composition and fruit yield. Proc. Florida State Hort. Soc. 80: 173-176.
51. Hoseinpur, A.R. 2004. Evaluation of the Capability of Extractants in Determining Garlic Available K for Certain Soils in Hamadan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 8: 2. 45-56. (In Persian)
52. Kavosi, M., and Kalbasi, M. 2000. Comparison of Soil Potassium Extracting Methods to Determine Suitable Extractants for Sepeedrood Rice Variety in some Guilan Rice Paddy Fields. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. Water and Soil Science. 3: 4. 57-71. (In Persian)
53. EL-Desuki, M., Abdel-Mouty, M.M., and Ali, A.H. 2006. Response of onion plants to additional dose of potassium application. Journal of Applied Science Research. 2: 9. 592-597.
54. Molla vali, M., Boland Nazar, P., and Tabatabai, S.J. 2011. The effect of different amounts of ammonium nitrate and potassium sulfate on the concentration of some mineral elements in edible onions. Journal of Horticultural Sciences (Food Science). 25: 1. 101-108. (In Persian)

55. Johnson, A.E., and Goulding, K.W. 1990. The use of plant and soil analysis to predict the potassium supplying capacity of soil. Development of K-Fertilizer Recommendation, 22<sup>nd</sup> Colloquium of international potassium institute. pp. 153-180.
56. Yuncai, H., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of the effects of drought and salinity. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168: 541-549.
57. Farshadi, Rad, A., Dardipour, E., Khormali, F., and Kiani, F. 2011. Potassium forms in soil and its separates in some loess and loess-like soils of Golestan providence. Gorgan, Journal of Soil and Water Conservation. 18: 3. 1-14. (In Persian)
58. Sharifi, M. 1998. Selection of suitable extractant to extract available potassium for Corn in soils of central region of Isfahan province. M.Sc. Thesis of soil science, Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian)
59. Zaernomeli, S. 2007. Distribution of the different K pools and its relation with soil profile development and clay mineralogy in some selected soils of Golestan Province. M. Sc. Thesis in Soil Science. Soil Science Department. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 110p.
60. Rouse, R.D., and Bertramson, B.R. 1950. Potassium availability in several Indiana soils: Its nature and methods of evaluation. Proceedings. Soil Science Society of America. 14: 113-123.
61. Zarabi, M., and Jalali, M. 2009. Comparison of several extractants for extraction available potassium of wheat in some soils of Hamadan province. Iranian Soil and Water Research. 2: 40. 149-155. (In Persian)
62. Ghanavati, N., Malakouti, M.J., and Hoseinpur, A.R. 2009. Correlation of Q/I parameters with some soil properties and Potassium uptake by wheat in some soils of Abyek region. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 13: 49. 167-178. (In Persian)

