Iranian Journal of Cotton Researches
ISSN: 2345-5306

Effects of genotype and potassium amount on yield, yield components and potassium uptake by cotton in cultivation after wheat

AbdolReza Gharanjiki[1], Omran Alishah[2]

[1] Associated Professor, Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Gorgan, Iran, Email: agharanjiki@yahoo.com

[2] Professor, Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran, Email: omran_alishah@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 25- 10-2023
Accepted 8-3-2024

Keywords:
Delayed Planting
Potassium Chloride
Fertilizer
Recommendation

ABSTRACT

Background and Objectives: Potassium is an important element for growth and development of cotton. Deficiency of this element in cotton plants leads to occurrence of several physiological, metabolic and biochemical disorders, resulting in decreasing yield. Researches have shown that response of cotton genotypes to potassium fertilizer application in different regions and conditions is not evermore identical. Therefore, potassium fertilizer recommendations for different genotypes need to regional studies. In this study, effect of different amounts of potassium was investigated on yield and yield components of cotton genotypes in delayed cultivation (after wheat harvest). Based on the results, the appropriate potassium fertilizer recommendation can be determined and introduced for genotype/ genotypes.

Materials and Methods: A field experiment was conducted as split-plot design in a soil having low available potassium. Treatments were including nine cotton genotypes and six potassium amounts. Cotton genotypes and potassium amounts were assigned to main-plots and sub-plots, respectively. Potassium treatments were added to soil in band application along planted rows. Other farming operations were performed identically and based on technical instructions for all plots. Traits measured included boll weight, boll number per plant, yield, dry matter, and potassium uptake by plant. Statistical methods were used to data analyze and means values comparison.

Results: Analyzing variance showed significantly effects of genotypes on yield and yield components. However, effect of potassium on boll number per plant was not significant, other measured traits showed significantly response to potassium. Interaction effect between genotypes and potassium on yield and yield components was not significant. Comparison of means values showed despite of producing the heaviest bolls by genotypes of Bakhtegan and Kashmar, these genotypes produced the lowest yield due to having the least boll number per plant. Conversely, Sajedi produced the most yield than other genotypes, because this genotype produced the highest boll number per plant. In spite of producing the

lower boll weight by Sajedi than majority of genotypes, comparison of means values of other traits proved Sajedi was Superior option among genotypes. Although, increasing potassium consumption led to Simultaneously enhancing values of studied traits, while the effect of potassium levels on yield and yield components was significant up to a level of 75 kg/ha, hence the difference between potassium treatments was not significant at higher levels than 75 kg/ha.

Conclusion: Sajedi genotype had the highest yield among genotypes. Therefore, this genotype is the first priority for delayed cotton cultivation (after wheat harvest) in the studied area, After the Sajedi, the next priorities are with the Golestan and Armaghan genotypes, respectively. The next finding is that delayed cotton cultivation in the region needs to potassium application, the amount of which is equal to 75 kg K2O (equivalent to 125 kg/ha of potassium chloride fertilizer).

Cite this article: Gharanjiki, A.R., Alishah, O. (2023). Effects of genotype and potassium amount on yield, yield components and potassium uptake by cotton in cultivation after wheat. *Iranian Journal Cotton Researches*, 11 (2), 133-148.

© The Author(s). DOI: 10.22092/ijcr.2025.368644.1234
Publisher: Cotton Research Institute of Iran

مجله پژوهش‌های پنبه ایران

شاپا: ۲۳۴۵-۵۳۰۶

اثرات ژنوتیپ و مقدار پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برداشت پتاسیم توسط پنبه در کشت پس از گندم

عبدالرضا قرنجیکی[۱]، عمران عالیشاه[۲]

[۱] استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران، رایانامه: agharanjiki@yahoo.com

[۲] استاد موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران، رایانامه: omran_alishah@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۲۰/۸/۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۸

واژه‌های کلیدی:
کشت تاخیری
کلرور پتاسیم
توصیه کودی

چکیده

سابقه و هدف: پتاسیم عنصری مهم برای رشد و نمو پنبه می‌باشد. کمبود این عنصر در گیاه پنبه منجر به بروز اختلالات فیزیولوژیکی، متابولیکی و بیوشیمیایی متعددی می‌گردد که پیامد آن کاهش عملکرد است. تحقیقات نشان داده است پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف پنبه به مصرف کود پتاسیم در مناطق و شرایط مختلف همیشه یکسان نبوده و به‌همین دلیل، توصیه کودی پتاسیم برای ژنوتیپ‌های مختلف نیاز به مطالعات منطقه‌ای دارد. در این تحقیق، تاثیر مقادیر مختلف پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد ۹ ژنوتیپ پنبه در کشت تاخیری (بعد از برداشت گندم) بررسی گردید تا براساس نتایج آن، ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های مناسب و همچنین توصیه کودی پتاسیم برای آنها تعیین و معرفی گردند.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در یک مزرعه‌ای که خاک آن دچار کمبود پتاسیم بود، انجام شد. نوع طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده بود که در آن ۹ ژنوتیپ پنبه به‌عنوان کرت اصلی و ۶ سطح پتاسیم به‌عنوان کرت فرعی تعیین و تیمارها اعمال شدند. تیمارهای کود پتاسیم به‌صورت نواری در کنار خطوط کشت به‌خاک اضافه شدند. سایر عملیات زراعی به‌صورت یکسان برای همه کرت‌ها و مطابق نظر کارشناسی اعمال گردید. صفات مورد بررسی شامل وزن غوزه، تعداد غوزه در بوته، عملکرد، ماده خشک و جذب پتاسیم از خاک توسط گیاه بودند. نتایج به‌دست آمده تجزیه آماری شده و داده‌های تیمارهای مختلف مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه‌واریانس داده‌ها نشان داد اثر ژنوتیپ‌های پنبه بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود. اثر پتاسیم بر تعداد غوزه در بوته غیرمعنی‌دار، اما بر سایر صفات معنی‌دار شد. همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار نگردید. در مقایسه میانگین داده‌ها، هرچند ژنوتیپ‌های بختگان و کاشمر با میانگین ۵/۷۹ گرم بیش‌ترین وزن غوزه را داشتند، اما چون این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب با ۹/۱۱ و ۹/۲۲ غوزه در بوته دارای کمترین غوزه بودند، کمترین عملکرد را داشتند (به‌ترتیب ۱۵۹۴ و ۱۵۹۲ گرم در کرت). هرچند ساجدی با ۴/۹۹ گرم وزن غوزه کمتری داشت، اما چون این ژنوتیپ با تعداد ۱۲/۳۶ غوزه در بوته بیشترین غوزه را داشت، بیشترین عملکرد (۱۸۳۶ گرم در کرت) را تولید نمود. هرچند به‌موازات افزایش مصرف پتاسیم، کمیت صفات مورد مطالعه نیز افزایش یافت، اما تاثیر افزایش پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد تا سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار بود و تفاوت بین تیمارها در مقادیر کودی بالاتر معنی‌دار نشد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این تحقیق، برای کشت تاخیری پنبه (بعد از برداشت گندم) در منطقه مورد مطالعه، ژنوتیپ ساجدی که بیشترین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌ها داشت، در اولویت اول قرار داد و بعد از آن، به‌ترتیب ژنوتیپ‌های گلستان و ارمغان توصیه می‌شود. همچنین، برای کشت تاخیری پنبه در منطقه نیاز به مصرف کود پتاسیم می‌باشد که مقدار آن برابر با ۷۵ کیلوگرم K_2O (معادل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود کلرور پتاسیم) می‌باشد.

استناد: قرنجیکی، عبدالرضا؛ عالیشاه، عمران. (۱۴۰۲). اثرات ژنوتیپ و مقدار پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برداشت پتاسیم توسط پنبه در کشت پس از گندم. *مجله پژوهش‌های پنبه ایران*، ۱۱ (۲)، ۱۴۸-۱۳۳.

DOI: 10.22092/ijcr.2025.368644.1234

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

© نویسندگان.

مقدمه

مصرف کودهای شیمیایی در چند دهه گذشته روند افزایشی داشته و انتظار نمی‌رود حداقل برای چند سال آینده، شیب مصرف عکس شود (هفر و پرودهوم، ۲۰۱۶). از طرف دیگر، توسعه کشاورزی به اراضی ضعیف و کم‌حاصلخیز که برای تولید محصول مناسب، به کودهای شیمیایی بیشتری نیاز دارند، افزایش روز افزون قیمت این نهاده و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه آنها، آینده توسعه صنایع تولید کننده کودهای شیمیایی و مصرف آنها را به یکی از چالش‌های بزرگ جهانی تبدیل کرده است (رنگل و دامون، ۲۰۰۸). این در حالی است که بخش زیادی از کودهای شیمیایی مصرفی در کشاورزی، از دسترس گیاه خارج شده و کارایی استفاده آنها را به شدت کاهش می‌دهد. در حال حاضر، میانگین کارایی استفاده کودهای شیمیایی برای نیتروژن حدود ۵۰٪ یا کمتر، فسفر کمتر از ۱۰٪ و پتاسیم حدود ۴۰٪ است (بالیگار و فاجریا، ۲۰۱۵).

پتاسیم از عناصر ضروری و پرمصرف گیاه است که در بسیاری از فرآیندهای‌های فیزیولوژیکی، متابولیکی و بیوشیمیایی نقش کلیدی دارد (منگل و کرکبی، ۲۰۰۱). کمبود این عنصر در گیاه پنبه منجر به اختلال در رشد برگ و هدایت روزنه‌ای، کاهش فتوسنتز، افت کارایی مصرف آب، نقصان در تشکیل غوزه و رشد ناکافی آنها می‌شود (لوپز و همکاران، ۲۰۰۸، مولینز و بورمستر، ۲۰۱۰). این تغییرات منجر به کاهش محصول پنبه می‌شود (فاجریا و همکاران، ۲۰۱۱؛ لوخانده و ردی، ۲۰۱۵).

تأمین پتاسیم کافی برای زراعت پنبه، غالباً یکی از چالش‌های جدی مدیریت تغذیه آن بوده و احتمال بروز کمبود پتاسیم در بسیاری از مناطق پنبه‌کاری وجود دارد (مولینز و بورمستر، ۲۰۱۰). همچنین، معرفی و توسعه کشت ارقام پرمحصول و زودرس پنبه که در یک دوره کوتاه‌تر، به مواد غذایی بیشتری نیاز دارند، به فراگیر شدن کمبود پتاسیم در بسیاری از خاک‌های زراعی دامن زده است (پتیگرو، ۲۰۰۳؛ لوپز و همکاران، ۲۰۰۸). پتاسیم نقش بسیار کلیدی در رشد و نمو تولید پنبه داشته و تأثیر مستقیمی بر عملکرد و اجزای عملکرد آن دارد (مخدوم و همکاران، ۲۰۰۷). رشد و نمو پنبه و تولید محصول شدیداً تابع فراهمی پتاسیم بوده و کمبود آن در گیاه پنبه منجر به کاهش تولید ماده خشک و محصول خواهد شد (گورموس و یوسل، ۲۰۰۲؛ مخدوم و همکاران، ۲۰۰۷). در واقع، کاهش رشد و تولید ماده خشک موجب نقصان در اجزای عملکرد پنبه (وزن و اندازه غوزه و تعداد آن) می‌شود که تولید محصول تابع آنها است (گورموس، ۲۰۰۲؛ اختر و همکاران، ۲۰۰۳).

عملکرد و بسیاری از اجزای عملکرد پنبه رابطه مستقیمی با وضعیت پتاسیم گیاه دارد (مخدوم و همکاران، ۲۰۰۷). این ارتباط مخصوصاً در خاک‌هایی که پتاسیم قابل استفاده پایینی دارند، مشهودتر بوده به‌طوری که در آزمایشات زیادی افزایش محصول پنبه با مصرف کود پتاسیم مشاهده شده است (لوخانده و ردی، ۲۰۱۵؛ داکو و همکاران، ۲۰۱۶).

پاسخ ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف پنبه به پتاسیم و مقادیر مختلف آن به عوامل مختلفی بستگی دارد که تفاوت‌های ژنتیکی (ضیاء الحسن و همکاران (۲۰۱۴)، شرایط محیطی در سال‌های مختلف و خصوصیات خاک مخصوصاً سطح پتاسیم قابل استفاده خاک از مهم‌ترین آنها است (لویس و همکاران، ۲۰۲۱). خصوصیات مرفولوژیکی ریشه نیز عامل تاثیرگذار مهمی است که می‌تواند در پاسخ گیاه پنبه به پتاسیم نقش داشته باشد. سرعت رشد ریشه، طول ریشه و مساحت سطح ریشه در کارایی ریشه برای جذب پتاسیم از خاک بسیار تأثیرگذار است. در پنبه سرعت جذب پتاسیم از خاک عموماً به تراکم ریشه و مساحت کل سطح ریشه بستگی دارد (رنگل و دامون، ۲۰۰۸). گورموس (۲۰۰۲) با افزودن ۱۶۰ کیلوگرم پتاسیم به خاک، افزایش وزن غوزه، عملکرد و درصد الیاف پنبه را گزارش نموده است، اما تعداد غوزه در بوته و زودرسی محصول تحت تأثیر پتاسیم قرار نگرفته است. رسول و همکاران (۲۰۱۰) پاسخ مثبت عملکرد پنبه را نسبت به مصرف پتاسیم تا سطح ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. ضیاء الحسن و همکاران (۲۰۱۴)

با مطالعه پاسخ زراعی ۳ رقم پنبه نسبت به مقادیر مختلف پتاسیم مشاهد کردند که به‌طور میانگین، ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم منجر به افزایش معنی‌دار وزن غوزه، تعداد غوزه در هکتار و عملکرد پنبه شده است. چن و همکاران (۲۰۱۶) پاسخ ۳ رقم پنبه را نسبت به مقادیر صفر، ۲۲۵ و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مطالعه کردند. نتایج نشان داد که هر چند شدت پاسخ ارقام پنبه نسبتاً متفاوت بود، اما در همه آنها، بهترین عملکرد با تیمار کودی ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تسیالتاس و همکاران (۲۰۱۶) نیز مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم را برای افزایش معنی‌دار عملکرد پنبه گزارش کردند.

لویس و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی پاسخ پنبه به سطوح صفر تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۵ سطح) در اراضی مختلف ایالت‌های پنبه‌کاری آمریکا گزارش کردند که تیمارهای کودی پتاسیم اثرات متفاوتی بر عملکرد پنبه در مناطق مختلف داشته است به‌طوری که نه تنها در بعضی اراضی اختلاف عملکرد معنی‌داری بین سطوح مختلف پتاسیم مشاهده نشده است، بلکه سطح کودی مناسب نیز در مناطقی که اثر پتاسیم معنی‌دار شده است، مشابه و یکسان نبوده است. بنابراین، چنین نتیجه‌گیری شد که اثرات متفاوت و متغیر پتاسیم در مناطق مختلف بیانگر آن است که دینامیک پتاسیم در سیستم خاک-گیاه پنبه به خوبی درک نشده است و نیاز به مطالعات ادامه‌دار دارد.

در این تحقیق، پاسخ زراعی و جذب پتاسیم از خاک توسط ۹ ژنوتیپ پنبه (۸ رقم تجاری و یک ژنوتیپ در دست مطالعه) نسبت به مقادیر مختلف کود پتاسیم در شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت تا علاوه بر توصیه کودی مناسب برای آنها، رقم یا ارقام مناسب برای توسعه کشت در منطقه شناسایی و معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴ در یک مزرعه کشاورز واقع در روستای گرجی محله انجام شد. فاصله محل تا شهرستان کردکوی تقریباً ۱۱ کیلومتر و تا شهرستان گرگان حدود ۲۱ کیلومتر بود. این مزرعه از نظر مختصات جغرافیایی در منطقه ″۱ ′۴۹ °۳۶ شمالی و ″۲۶ ′۱۳ °۵۴ شرقی قرار دارد.

برای اجرای این آزمایش، قبل از کشت، از خاک مزرعه و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری، یک نمونه مرکب تهیه شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه‌گیری pH در عصاره اشباع (هالوسچاک، ۲۰۰۶)، EC در گل اشباع (مک لین، ۱۹۸۲)، آهک به روش تیتراسیون برگشتی (ریچاردز، ۱۹۶۹)، ماده آلی به روش اصلاح شده والکلی و بلک (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲) فسفر قابل جذب روش اولسن و همکاران (۱۹۵۴)، پتاسیم قابل جذب به روش استخراج با استات آمونیوم نرمال (اسپارکس، ۱۹۹۶) و مقدار قابل جذب عناصر آهن، روی، مس و منگنز به روش استخراج با DTPA (اسپارکس، ۱۹۹۶) تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آزمون خاک، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل به خاک اضافه شد. تمام سوپرفسفات‌تریپل و نصف اوره قبل از کشت در سطح قطعه آزمایشی به‌طور یکنواخت پخش و به‌وسیله دیسک با خاک اختلاط یافت. نصف دیگر کود اوره، در دو تقسیط مساوی و در زمان‌های ۴۰ روز بعد از کشت (همزمان با اولین آبیاری) و ۲ هفته بعد از آن به‌صورت سرک استفاده شد.آبیاری در سه نوبت و به فواصل ۱۲-۱۴ روز و با استفاده از آب چاه انجام گردید.

آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده اجرا شد که در آن ۹ ژنوتیپ پنبه شامل بختگان، ارمغان، SKG، لطیف، ساجدی، کاشمر، گلستان، خرداد و سپید به کرت‌های اصلی و مقادیر مختلف پتاسیم نیز به کرت‌های فرعی اختصاص یافت. پتاسیم در ۶ سطح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع کلرورپتاسیم اعمال شد. مزرعه قبل از اجرای آزمایش زیر کشت گندم بود. لذا بلافاصله بعد از برداشت گندم و جمع‌آوری کاه و کلش، زمین آب تخت گردید. سپس، با رسیدن رطوبت مزرعه به

شرایط مناسب، نسبت به عملیات آماده‌سازی زمین (شخم و دیسک)، کودپاشی و کرت‌بندی اقدام و کشت به‌صورت دستی انجام گردید. عملیات آماده‌سازی زمین در فاصله ۱۷ تا ۲۲ خرداد و کشت پنبه نیز در ۲۲ خرداد انجام شد.همزمان با کشت، تیمارهای پتاسیم به‌صورت نواری به عمق حدود ۱۵-۱۰ سانتی‌متر و به فاصله ۱۰-۷ سانتی‌متری از خط کشت و به موازات آن به خاک اضافه شد. طول خطوط کشت ۴ متر و فاصله آنها از یکدیگر ۷۵ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی خطوط کشت نیز ۲۰ سانتی‌متر تعبیه شد. هر کرت در ۴ خط کشت گردید. سایر عملیات مرحله کاشت و مراقبت‌های مرحله داشت شامل کنترل علف‌های هرز (دو مرحله وجین دستی) و مبارزه با آفات (یک مرحله سمپاشی بر علیه شته و دو مرحله مبارزه با کرم غوزه پنبه) بر اساس نظر کارشناسی انجام شد.

اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد تیمارها از دو خط وسط هر کرت انجام شد. بوته اول و آخر هر خط به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شدند. برای برآورد میانگین تعداد غوزه در بوته، تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین تعداد غوزه برداشت شده آنها یادداشت گردید. برای تعیین وزن غوزه نیز تعداد ۳۰ غوزه باز شده از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت، توزین و میانگین آنها ثبت شد. برداشت کل محصول هر کرت (دو خط وسط با حذف دو بوته حاشیه) به‌عنوان عملکرد آن مبنا قرار گرفت (مساحت برداشت هر کرت برابر با ۵/۷ مترمربع). در شروع مرحله زایشی مزرعه (غنچه‌دهی)، تعداد دو بوته از هر خط (دو خط وسط هر کرت و جمعاً ۴ بوته) به‌طور تصادفی انتخاب و به‌طور کامل کف‌بر شده و به آزمایشگاه انتقال یافت تا وزن خشک و غظت پتاسیم آنها اندازه‌گیری شود. بدین منظور، ابتدا از بخش‌های مختلف بوته شامل ساقه اصلی، شاخه‌های جانبی و برگ‌ها به تناسب نمونه‌گیری و توزین شدند. همچنین، وزن باقی‌مانده بوته‌ها نیز یاداشت گردید. نمونه‌های جدا شده از بوته‌ها پس از شستشو با آب مقطر، به مدت ۴۸ ساعت با آون و در دمای ۷۰ درجه خشک و دوباره توزین شدند تا درصد رطوبت نمونه‌ها به‌دست آید. سپس غلظت پتاسیم در این نمونه‌ها به روش اکسیداسیون خشک و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک ۲ نرمال اندازه‌گیری شدند (جونز و کیس، ۱۹۹۰). بر اساس درصد رطوبت و غلظت پتاسیم این نمونه‌ها، وزن خشک و مقدار جذب پتاسیم از خاک توسط بوته‌های کف‌بر شده برآورد گردید. داده‌های به‌دست آمده با نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه واریانس گردید. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

براساس نتایج آزمون خاک، خاک محل آزمایش غیرشور، کمی قلیایی و دارای بافت لومی سیلت بود. همچنین، خاک از نظر مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک در محدوده کمبود می‌باشد. جدول ۱ سایر نتایج آزمون خاک را نشان می‌دهد. همچنین، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	آهک معادل (٪)	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	آهن قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)
۱/۲۶	۷/۹۰	۱۶/۵	۱/۴۶	۱۶/۲	۱۲۷	۱۸/۱
روی قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	مس قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	منگنز قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	شن (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	بافت
۱/۱۶	۴/۶۵	۷/۸۱	۱۲	۲۲	۶۶	SiL

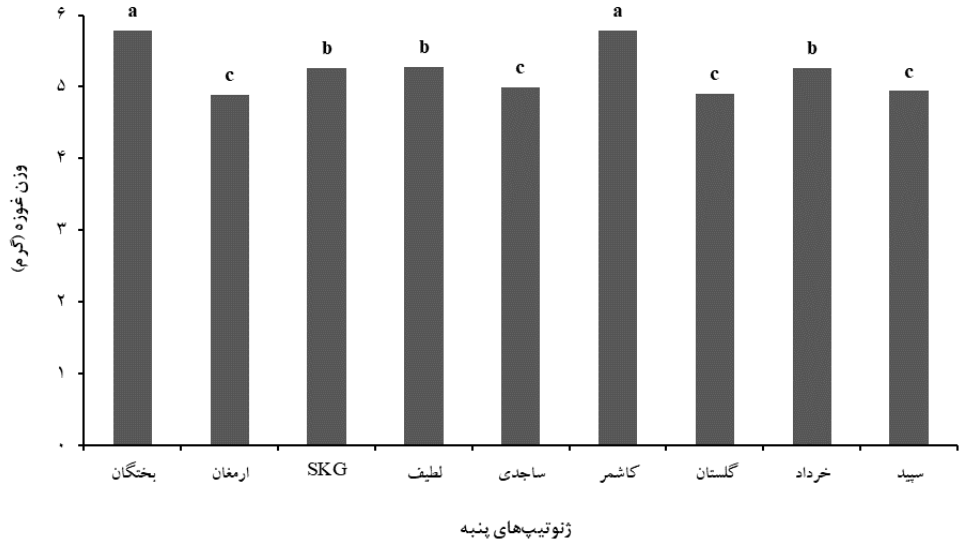
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر ژنوتیپ، مقادیر مختلف پتاسیم و اثر متقابل آنها بر صفات مورد مطالعه

منبع تغییرات	وزن غوزه (گرم)	تعداد غوزه در بوته	عملکرد وش (گرم در کرت)	وزن ماده خشک (گرم بر بوته)	مقدار جذب پتاسیم (گرم بر بوته)
تکرار	۰/۱۰۴ ns.	۱/۰۱۱ ns.	۸۱۵۹ ns.	۲۱/۶۵ ns.	۰/۰۱۱ ns.
ژنوتیپ (G)	۲/۲۳۹**	۲۶/۷۴ **	۱۲۲۸۵۷ **	۱۱۲/۰**	۰/۰۸۱**
خطای اول	۰/۰۵۳	۱/۰۵۹	۱۶۰۷۷	۷/۶۳۵	۰/۰۰۴
مقدار پتاسیم (K)	۰/۴۴۳**	۰/۶۵۰ ns.	۷۸۵۶۰ **	۸۵/۲۹**	۰/۱۶۶ **
G × K	۰/۰۴۶ ns.	۰/۳۳۲ ns.	۸۸۹۹ ns.	۵/۸۹۸ ns.	۰/۰۰۵ ns.
خطای کل	۰/۰۶۹	۰/۵۲۵	۱۱۶۴۵	۱۰/۳۷	۰/۰۰۶

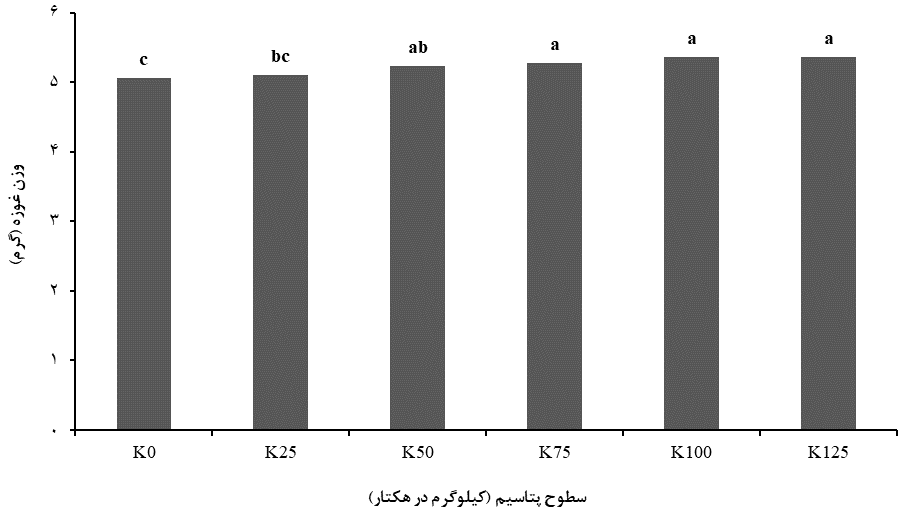
ns= غیر معنی‌دار **= معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

وزن غوزه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی تیمارهای ژنوتیپ (G) و مقادیر مختلف پتاسیم (K) بر وزن غوزه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی (G×K) از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین غوزه‌های ژنوتیپ‌ها اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت بطوری‌که ژنوتیپ‌های بختگان و کاشمر با وزن غوزه ۵/۷۹ گرم دارای بیش‌ترین وزن غوزه بودند. در این صفت زراعی، ژنوتیپ ارمغان با وزن غوزه ۴/۸۹ کم‌ترین وزن غوزه را در بین ژنوتیپ‌ها به ثبت رساند (شکل ۱). بر اساس نتایج، با افزایش میزان مصرف پتاسیم تا سطح ۵۰ کیلوگرم، وزن غوزه افزایش معنی دار داشته است و بعد از آن تا سطح ۱۲۵ کیلوگرم اختلاف آماری معنی داری نبوده است. از نظر کمیت، بیشترین وزن غوزه بطور مشترک با سطوح پتاسیم ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (۵/۳۶ گرم). همچنین سطح صفر پتاسیم با وزن غوزه ۵/۰۶ گرم کمترین وزن غوزه را در بین ژنتیپ‌ها به ثبت رساند (شکل ۲).



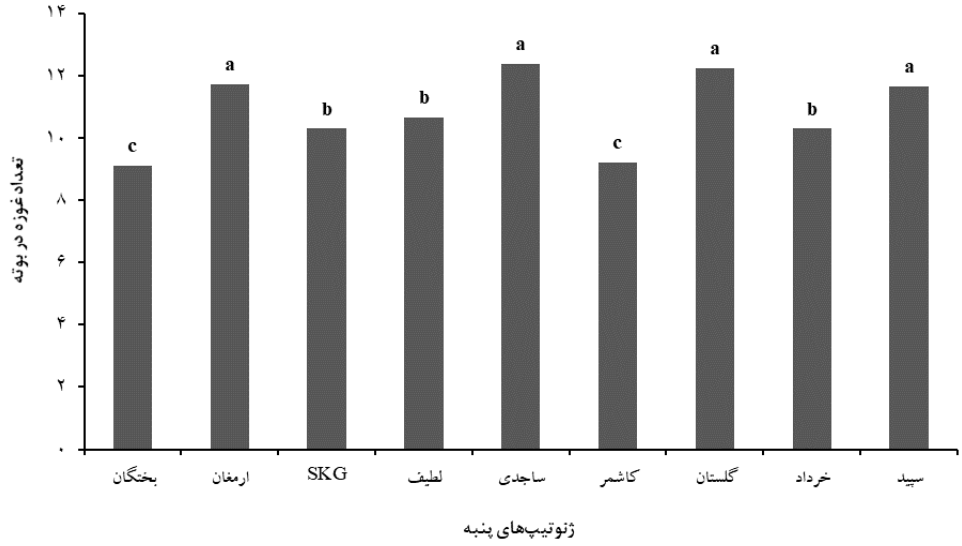
شکل ۱- مقایسه میانگین وزن غوزه ژنوتیپ‌های پنبه (LSD 5%)



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن غوزه پنبه در سطوح مختلف پتاسیم (LSD 5%)

تعداد غوزه در بوته: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی تیمارهای ژنوتیپ (G) بر تعداد غوزه در بوته در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثرات مقادیر مختلف پتاسیم (K) و اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی (G×K) از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۲).

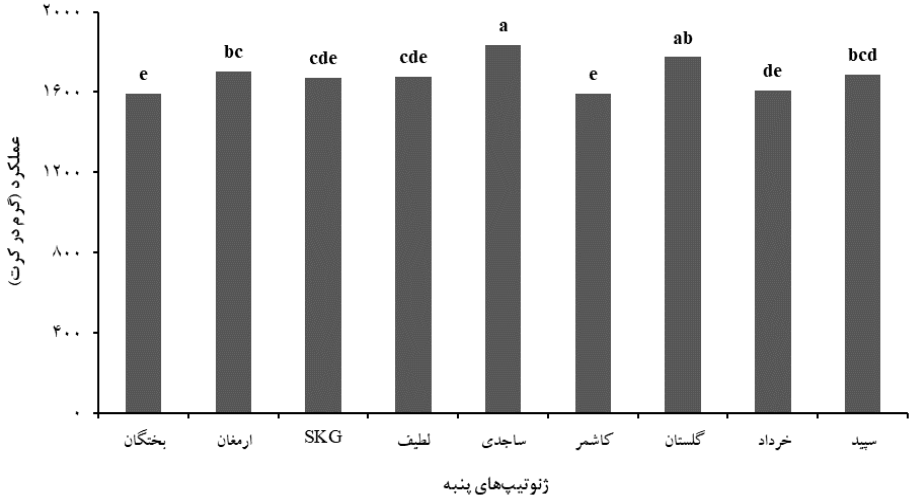
در مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته میان ژنوتیپ‌های مختلف پنبه، ژنوتیپ ساجدی با تعداد ۱۲/۳۶ غوزه در بوته به عنوان ژنویپ برترشناخته شد. همچنان که این ژنوتیپ در مقایسه با ژنوتیپ بختگان که کمترین غوزه در بوته را داشت (تعداد ۹/۱۱)، در حدود ۳۶ درصد غوزه بیشتری تولید نمود. همچنین لازم به ذکر است که ژنوتیپ برتر ساجدی با ژنوتیپ‌های ارمغان، گلستان و سپید در یک گروه آماری قرار گرفته، و اختلاف آماری معنی‌داری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند. بررسی نتایج نشان داد که میان ژنوتیپ‌های بختگان و کاشمر که هر دو در پایین‌ترین گروه قرار گرفتند، اختلاف آماری معنی‌داری به‌دست نیامد (شکل ۳). بین تعداد غوزه در بوته و مقادیر مختلف پتاسیم نیز تفاوت معنی‌داری دیده نشد.



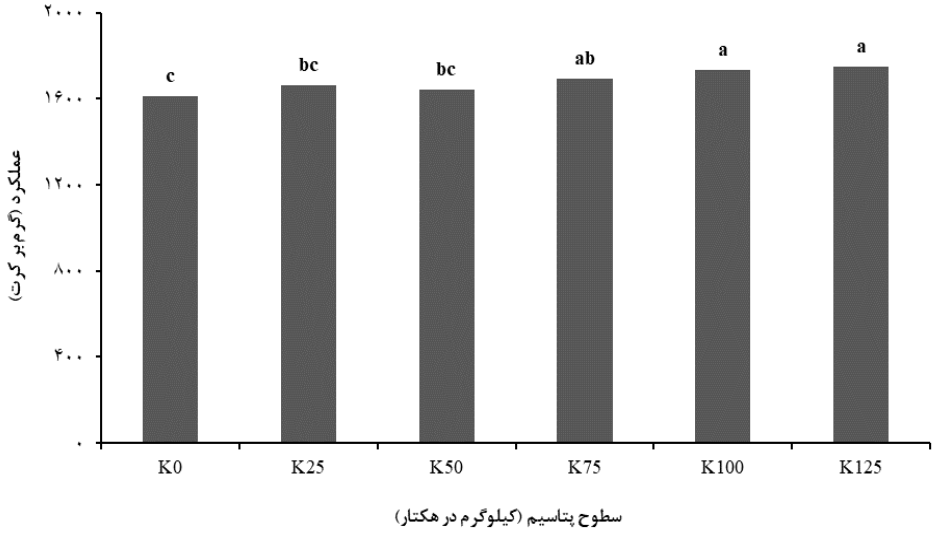
شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته ژنوتیپ‌های پنبه (LSD 5%)

عملکرد: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی تیمارهای ژنوتیپ (G) و مقادیر مختلف پتاسیم (K) بر عملکرد در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی (G×K) از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۲).

براساس نتایج مقایسه میانگین پژوهش حاضر، ژنوتیپ ساجدی با تولید ۱۸۳۶ گرم در کرت بیشترین عملکرد را تولید نمود. اختلاف عملکرد این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ کاشمر که کمترین عملکرد را داشت، ۲۴۴ گرم در کرت بود. همچنین با این که عملکرد ژنوتیپ ساجدی به‌مقدار ۶۲ گرم در کرت بیشتر از ژنوتیپ گلستان بود، اما اختلاف عملکرد بین آنها معنی‌دار نبود. همچنین، بین عملکرد ژنوتیپ‌های بختگان و کاشمر اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (شکل۴). در مقایسه عملکرد مقادیر مختلف پتاسیم، با افزایش مقدار کود پتاسیم (مخصوصاً در مقادیر کودی بالاتر)، عملکرد وش نیز افزایش یافت، بطوری‌که با اینکه بین عملکرد سطوح کودی ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵)، اما از نظر کمیت، بیشترین عملکرد با تیمار کودی ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که افزایش عملکرد آن نسبت به سطح کودی صفر برابر با ۱۴۰ گرم در کرت بود.



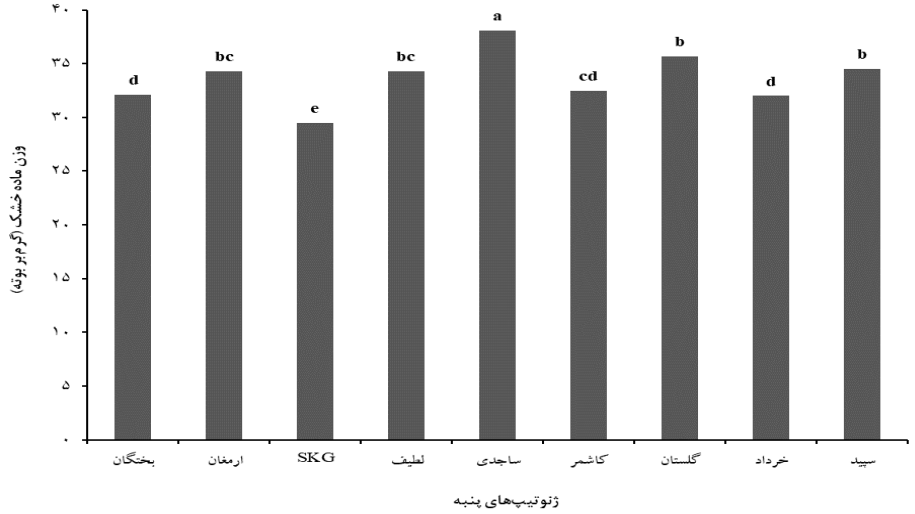
شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های پنبه (LSD 5%)



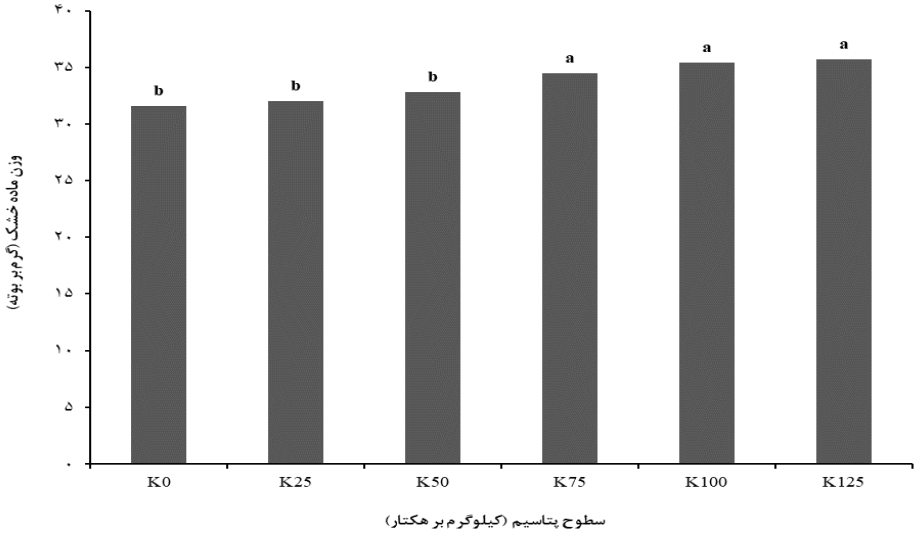
شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد پنبه در سطوح مختلف پتاسیم (LSD 5%)

ماده خشک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی تیمارهای ژنوتیپ (G) و مقادیر مختلف پتاسیم (K) بر ماده خشک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی (G×K) از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۲).

در مقایسه میانگین ماده خشک ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های ساجدی و SKG با اختلاف آماری معنی‌دار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین ماده خشک را تولید نمودند (شکل ۶) که نشان می‌دهد ژنوتیپ ساجدی با ماده خشک تولیدی به‌مقدار ۳۸/۱ گرم، نزدیک به ۳۰ درصد افزایش ماده خشک نسبت به ژنوتیپ SKG داشته است. مقایسه میانگین ماده خشک پنبه در سطوح مختلف پتاسیم نشان داد که افزایش پتاسیم تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار تاثیر معنی‌داری بر ماده خشک تولیدی پنبه نداشت و فقط سطوح کودی بیشتر از آن منجر به افزایش معنی‌دار ماده خشک گردید (شکل ۷). همچنین، هرچند بیشترین ماده خشک (۳۵/۷ گرم) با سطح کودی ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، اما اختلاف آن نسبت به سطوح کودی ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری معنی‌دار نبود.



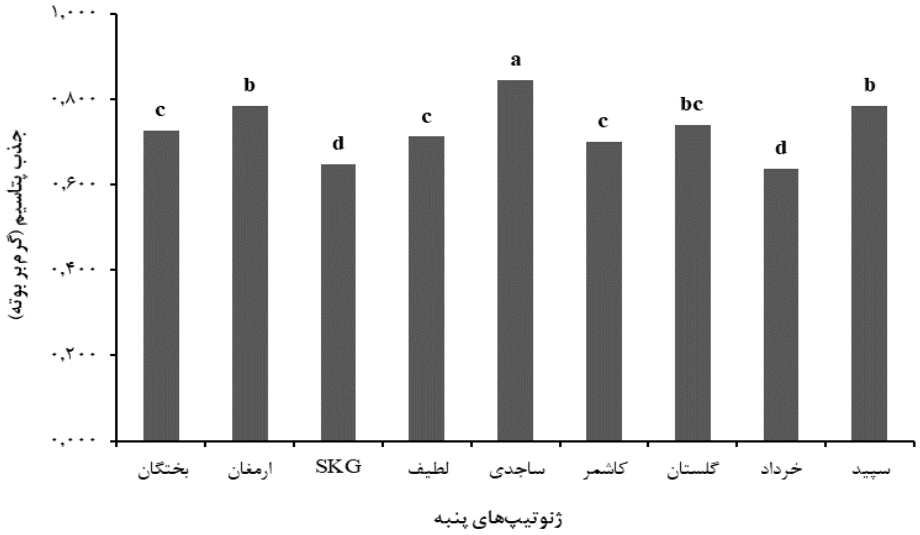
شکل ۶- مقایسه میانگین وزن ماده خشک ژنوتیپ‌های پنبه (LSD 5%)



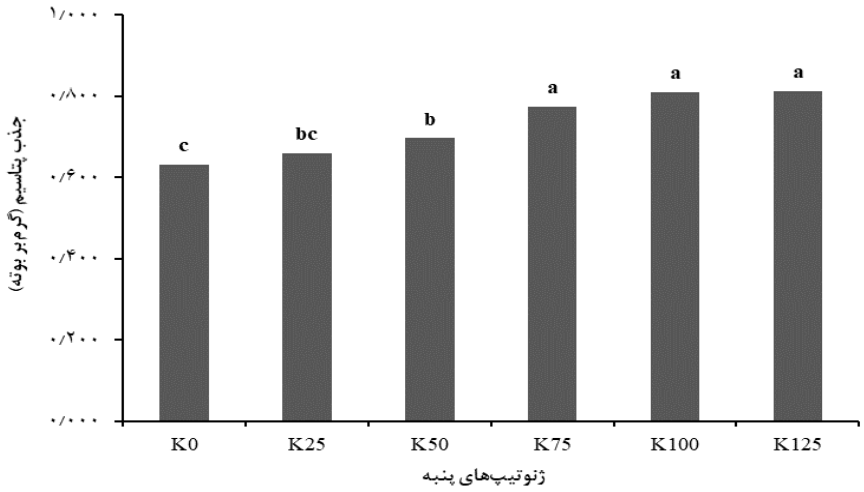
شکل ۷- مقایسه میانگین وزن ماده خشک پنبه در سطوح مختلف پتاسیم (LSD 5%)

جذب پتاسیم از خاک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی تیمارهای ژنوتیپ (G) و مقادیر مختلف پتاسیم (K) بر جذب پتاسیم از خاک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی (G×K) از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۲).

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، ژنوتیپ ساجدی با اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، بیشترین جذب پتاسیم از خاک را نشان داد (۰/۸۴۵ گرم بر بوته). این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ خرداد که کمترین جذب پتاسیم را داشت، در حدود ۳۳ درصد پتاسیم بیشتری از خاک جذب نمود. با اینکه جذب پتاسیم ژنوتیپ SKG کمی بیشتر از ژنوتیپ خرداد بود، اما اختلاف بین آنها از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۸). تاثیر سطوح پتاسیم بر جذب پتاسیم از خاک توسط پنبه فقط تا سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار شد و با اینکه بیشترین جذب پتاسیم با سطح کودی ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (۰/۸۱۱ گرم بر بوته)، اما بین سطوح پتاسیم ۷۵ تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری در جذب پتاسیم از خاک به‌دست نیامد (شکل ۹).



شکل ۸- مقایسه میانگین جذب پتاسیم از خاک توسط ژنوتیپ‌های پنبه (LSD 5%)



شکل ۹- مقایسه میانگین جذب پتاسیم از خاک توسط پنبه در سطوح مختلف پتاسیم (LSD 5%)

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین وزن غوزه ژنوتیپ‌های پنبه وجود داشت. هرچند شرایط محیطی و عوامل شیمیایی و غیرشیمیایی می‌تواند وزن غوزه پنبه را تحت تاثیر قرار دهد (حدادی و همکاران، ۲۰۱۶)، اما غالباً وزن غوزه پنبه عمدتاً یک صفت ذاتی وابسته به ژنوتیپ می‌باشد که مقدار معمول آن براساس آزمایشات مقایسه ارقام و ژنوتیپ‌ها تعیین می‌گردد. بنابراین، غوزه‌های سنگین‌تر ژنوتیپ‌های بختگان و کاشمر که در این آزمایش مشاهده شد، باید صفت وابسته به ژنوتیپ باشد که قبلاً گزارش شده است (عالیشاه، ۲۰۱۵). این وابستگی ژنوتیپی در آزمایشات مختلفی مشاهده شده است (یغمور و همکاران، ۲۰۱۴؛ علاءالدین و همکاران، ۲۰۱۶). وفایی تبار و تاجیک خاوه (۲۰۱۴) گزارش کردند که وزن غوزه پنبه یک صفت وابسته به ژنتیک است که در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد.

غوزه پنبه، مخزن[1] مهمی برای پتاسیم است. به همین علت در مرحله غوزه‌دهی، نیاز گیاه به پتاسیم به سرعت افزایش می‌یابد، به طوری اگر گیاه از پتاسیم کافی برخوردار باشد، در فاصله ۱۰ روز تا تکامل غوزه، غلظت پتاسیم در آن تا حدود ۳ برابر افزایش می‌یابد. بنابراین اگر در این دوره گیاه با کمبود پتاسیم مواجه شود، رشد و تکامل غوزه دچار اختلال می‌شود. تشکیل غوزه‌های ریز از علائم بارز کمبود شدید پتاسیم در گیاه پنبه است (اوسترهویس، ۲۰۰۲). در این تحقیق نیز کمبود پتاسیم (تیمار شاهد) وزن غوزه را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. البته این تأثیر تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار بود و در مقادیر بالاتر، با این که وزن غوزه کمی بیشتر شد، ولی تغییرات آن از نظر آماری معنی‌دار نبود.

پنبه گیاهی با گلدهی نامحدود است و در دوره زایشی گل‌های فراوانی تولید می‌کند. بسیاری از این گل‌ها اگر تلقیح هم شوند، دچار ریزش می‌شوند که این ریزش در مرحله غوزه‌دهی هم اتفاق می‌افتد. ارقام مختلف پنبه از لحاظ پتانسیل تولید گل و غوزه و ریزش آنها با همدیگر اختلاف نشان می‌دهند (گوئین، ۱۹۸۲). این مسأله بدان معناست که گیاه با ریزش گل و غوزه و حفظ تعداد مشخصی از آنها، عملکرد خود را تنظیم می‌کند. به همین دلیل، معمولاً تعداد غوزه ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است. در این تحقیق، ظرفیت نگهداری غوزه در ژنوتیپ‌های ساجدی، گلستان، سپید و ارمغان بیشتر از ژنوتیپ‌های دیگر بود. در حجم بوته برابر، عملکرد گیاه پنبه تابع وزن و تعداد غوزه است. از طرف دیگر، تعداد غوزه می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی قرار بگیرد. با این حال، مشاهده شده است که تأثیر کمبود پتاسیم بر تغییرات وزن غوزه آن، شدیدتر از تعداد غوزه می‌باشد و کمتر از آن تحت تأثیر عوامل بیرونی قرار می‌گیرد (اوسترهویس، ۲۰۰۲). در این آزمایش نیز مقادیر مختلف پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر تعداد غوزه نداشت.

اختلاف معنی‌دار عملکرد وش و تولید ماده خشک ژنوتیپ‌های پنبه در این آزمایش، احتمالاً ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی آنهاست. در این آزمایش، ممکن است که هم وزن غوزه و هم تعداد آن در بوته، بر تولید محصول تأثیرگذار بوده باشد، اما بررسی شکل-های ۱، ۳ و ۴ نشان می‌دهد که تعداد غوزه در اختلاف عملکرد ژنوتیپ‌ها تأثیر بیشتری داشته است. به‌عنوان مثال، ژنوتیپ گلستان وزن غوزه پایین‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های بختگان و کاشمر داشت (شکل ۱)، اما چون تعداد غوزه آن به‌طور معنی‌داری بیشتر از این دو ژنوتیپ بود (شکل ۳)، عملکرد وش آن نیز به طور معنی‌داری بیشتر از آنها بود (شکل ۴). در مورد ژنوتیپ‌های گلستان و سپید نیز همین مساله وجود داشت. این ژنوتیپ‌ها علیرغم این که غوزه کوچک‌تری داشتند، اما بدلیل تعداد غوزه بیشتری که تولید نمودند، عملکرد بیشتری تولید نمودند. باربر و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی عملکرد چند ژنوتیپ پنبه در کشت بعد از گندم، اختلاف آماری معنی‌داری را در بین ژنوتیپ‌ها گزارش کردند.

پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پرمصرف گیاه است که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی،

1- Sink

متابولیکی و بیوشیمیایی آن نقش کلیدی دارد (مارشنر، ۱۹۹۵؛ منگل و کرکبی، ۲۰۰۱). کمبود این عنصر در گیاه پنبه منجر به اختلال در رشد برگ و هدایت روزنه‌ای، کاهش شدت فتوسنتز، افت کارایی مصرف آب، نقصان در تشکیل غوزه و رشد ناکافی آنها می‌شود (لوپز و همکاران، ۲۰۰۸، مولینز و همکاران، ۲۰۱۰). این تغییرات منجر به کاهش محصول پنبه می‌شود (فاجریا و همکاران، ۲۰۱۱؛ لوخانده و ردی، ۲۰۱۵). در این آزمایش نیز کمبود پتاسیم منجر به کاهش عملکرد و ماده خشک گردید. با اینکه با افزایش مقدار کود پتاسیم، عملکرد و ماده خشک گیاه افزایش یافت، اما تأثیر آن تا سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار بود (شکل‌های ۷ و ۹). میزان کاهش عملکرد وش، در سطح صفر پتاسیم نسبت به سطح ۷۵ کیلوگرم، ۵ درصد بود، در حالی که این مقدار برای ماده خشک حدود ۸/۵ درصد بدست آمد. چون محصول وش گیاه بخشی از ماده خشک است، بنابراین طبیعی است که ماده خشک بیشتر از عملکرد گیاه تحت تأثیر قرار گیرد.

همانطور که نتایج این آزمایش نشان داد، تغییرات مقدار جذب پتاسیم از خاک با عملکرد و تولید ماده خشک ژنوتیپ‌ها تقریباً مطابقت داشتند (شکل‌های ۴، ۶ و ۸). به‌طور مثال، ژنوتیپ ساجدی که بیشترین جذب پتاسیم را داشت، دارای بالاترین عملکرد وش و وزن ماده خشک بود. این نتایج وابستگی ماده خشک و عملکرد پنبه را نسبت به جذب پتاسیم از خاک نشان می‌دهد (فاجریا و همکاران، ۲۰۱۱؛ لوخانده و ردی، ۲۰۱۵).

همانطور که نتایج تأثیر پتاسیم بر عملکرد و ماده خشک پنبه نشان داد (شکل‌های ۵ و ۷)، پتاسیم تا سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر این صفات داشت. این مساله در مورد مقدار جذب پتاسیم از خاک نیز مشاهده شد. بنابراین به روشنی قابل مشاهده است که تولید ماده خشک در گیاه و عملکرد آن، تابعی از مقدار جذب پتاسیم از محیط رشد بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که جذب تجملی در گیاه اتفاق نیفتاده و گیاه از پتاسیم جذب شده استفاده مؤثر به عمل آورده است. این مساله در مورد اختلاف بین ژنوتیپ‌ها نیز وجود داشت، یعنی ژنوتیپ‌هایی که پتاسیم بیشتری جذب کردند، عملکرد و ماده خشک بیشتری هم داشتند.

نتایج این تحقیق نشان داد که در کشت تاخیری (دیرهنگام) پنبه بعد از گندم، ژنوتیپ ساجدی برای کشت در منطقه در اولویت اول بوده و بعد از آن، به‌ترتیب ژنوتیپ‌های گلستان و ارمغان توصیه می‌شود. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش مزرعه‌ای، ژنوتیپ‌های کاشمر، بختگان و خرداد عملکرد پایینی نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر داشتند و قابل توصیه برای کشت تاخیری پنبه نمی‌باشند. همچنین، نتایج تاثیر مقادیر مختلف پتاسیم نیز نشان داد که هرچند با افزایش مصرف کود پتاسیم، عملکرد پنبه نیز افزایش یافت، اما از نظر آماری این افزایش تا سطح کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار بوده و مصرف بیشتر از آن قابل توصیه نمی‌باشد. با توجه به اینکه کود کلرور پتاسیم دارای ۶۰ درصد پتاسیم به‌صورت K_2O است، بنابراین توصیه کودی مناسب برای کشت تاخیری پنبه بعد از برداشت گندم برابر با ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود کلرور پتاسیم خواهد بود.

منابع

1. Akhtar, M.E., Sardar, A., Ashraf, M., Akhtar, M., and Khan, M.Z. 2003. Effect of potash application on seed cotton yield components of selected cotton varieties-1. Asian Journal of Plant Sciences, 2: 602-604.
2. Alaeddin, H., Zangi, M. R., and Nezamzadeh, R. 2016. Evaluation of genotypic and phenotypic correlation with yield and earliness in tetraploid species cotton. Iranian Journal of Cotton Researches, 4(1), 77-90. (in Persian with English Abstract).
3. Alishah, O. 2015. Identification of the Iranian cotton cultivars. Sirang Publishing, Gorgan, Iran. 40 P. (in Persian).
4. Baligar, V.C., and Fageria, N.K. 2015. Nutrient use efficiency in plants: an overview. P. 1-

14. *In*: Nutrient use efficiency: from basics to advances, A. Rakshit et al. (eds.). Springer, New Delhi.
5. Barber, T., Lorenz, G., and Smith, K. 2012. Double-Cropped cotton and wheat. University of Arkansas, Division of Agriculture, Research and Extension, publication No. FSA2163. Available from: https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-2163.pdf.
6. Chen, Y., Li, Y., Hu, D., Zhang, X., Wen, Y., and Chen, D. 2016. Spatial distribution of potassium uptake across the cotton plant affects fiber length. Field Crops Research, 192: 126-133.
7. Dakuo, D., Koulibaly, B., Ouattara, K., Lompo, F., and Yao-Kouame, A. 2016. Potassium fertilization efficiency on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) nutrition and crops yields on three soil types in Burkina Faso. Academia Journal of Agricultural Research, 4: 647-651.
8. Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A. 2011. Growth and mineral nutrition of field crops, 3rd edition, CRC Press, Boca Raton, FL. 586 p.
9. Gormus, O. 2002. Effects of rate and time of potassium application on cotton yield and quality in Turkey. Journal of Agronomy and Crop Science, 188: 382-388.
10. Gormus, O., and Yucel, C. 2002. Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in Cukurova region, Turkey. Field Crops Research, 78: 141-149.
11. Guinn, G. 1982. Causes of square and boll shedding in cotton. U.S. Department of Agriculture, U.S. Technical Bulletin No. 1672, 21 p.
12. Haddadi, M. H., Faez, R., Mohseni, M., and Alishah, O. 2016. Investigation effect of chemical and non-chemical materials on yield and yield component of cotton. Iranian Journal of Cotton Researches, 4(1), 17-26. (in Persian with English Abstract).
13. Haluschak, P. 2006. Laboratory methods of soil analysis. Canada-Manitoba Soil Survey, 132 p.
14. Heffer, P., and Prud'homme, M. 2016. Fertilizer outlook 2016-2020. International Fertilizer Industry Association, Paris, France, 28 p.
15. Jones, J.B., and Case, V.W. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. pp. 389-427. *In*: R.L. Westerman (ed.). Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Madison, WI, USA.
16. Lewis. K., Morgan, G., Frame, W.H., Fromme, D., Dodds, D.M., Edmisten, K.L., Robertson, B., Boman, R., Cutts, T., Delaney, D.P., Burke, J.A., and Nichols, R.L. 2021. Cotton yield response to soil applied potassium across the U. S. cotton belt. Agronomy Journal, 113:3600-3614.
17. Lokhande, S., and Reddy, K.R. 2015. Reproductive performance and fiber quality responses of cotton to potassium nutrition. American Journal of Plant Sciences, 6: 911-924.
18. López, M., El-Dahan, M.A.A., and Leidi, E.O. 2008. Genotypic variation in potassium uptake in dryland cotton. Journal of Plant Nutrition, 31: 1947-1962.
19. Makhdum, M.I., Pervez, H., and Ashraf, M. 2007. Dry matter accumulation and partitioning in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by potassium fertilization. Biology and Fertility of Soils, 43: 295-301.
20. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic press London, UK. 889 p.
21. Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. pp. 199-224. *In*: A.L. Page et al. (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
22. Mengel, K., and Kirkby, E.A. 2001. Principles of plant nutrition. 5th ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. 849 p.
23. Mulins, G.L., and Burmester, C.H. 2010. Relation of growth and development to mineral nutrition. pp. 97-105. *In*: J.M. Stewart et al. (eds.). Physiology of Cotton. Springer publications, N.Y. USA.
24. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp. 539-579. *In*: A.L. Page et al. (eds.), Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.

25. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. 939. U.S. Gov. Prin. Office, Washington D.C. pp: 1-19.
26. Oosterhuis, D.M. 2002. Potassium management of cotton. pp. 331-346. *In*: N.S. Pasricha and S.K. Bansal (eds.). Potassium for Sustainable Crop Production. International Potash Institute Basel, Switzerland and Potash Research Institute of India, Gurgaon, Haryana, India.
27. Pettigrew, W.T. 2003. Relationships between insufficient potassium and crop maturity in cotton. Agronomy Journal, 95: 1323-1329.
28. Rasool, G., Chattha, T.H., and Ali, M.A. 2010. Response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to various levels and times of potash application in semi-arid region of Punjab. Journal of Agricultural Research, 48: 1. 81-85.
29. Rengel, Z., and Damon, P.M. 2008. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. Physiologia Plantarum, 133: 624-636.
30. Richards, L.A. 1969. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Laboratory Staff. Agricultural Handbook. No. 60. USDA. USA. 160 p.
31. Sparks, D.L. 1996. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society of America Inc. Madison, WI.
32. Tsialtas, I.T., Shabala, S., Baxevanos, D., and Matsi, T. 2016. Effect of potassium fertilization on leaf physiology, fiber yield and quality in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under irrigated Mediterranean conditions. Field Crop Research, 193: 94-103.
33. Vafaie-Tabar, M. and Tajik Khaveh, Z. 2014. Statical analysis of correlation between yield and earliness, and other trait of upland cotton varieties (*Gossypium hirsutum.* L). Iranian Journal of Cotton Researches, 2(1), 19-34. (in Persian with English Abstract).
34. Yagmur, B., Gurel, A., Oren, Y., Izci, B., Edreva, A., Hakerlerler, H., Hayta, S., Akdemir, H., and Yildiz-Aktas, L. 2014. Effect of different drought applications and potassium doses on cotton yield and fiber quality. Research Journal of Agricultural and Environmental Management, 3: 1. 60-67.
35. Zia-ul-Hassan, Kubar, K.A., Rajpar, I., Shah, A.N., Tunio, S.D., Shah, J.A., and Maitlo, A.A. 2014. Evaluating potassium-use-efficient of five cotton genotypes of Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 46: 1237-1242.