Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Effect of irrigation cut off and antitranspirants on yield and some physiological characteristics of pinto beans

Rahim Eiraji[1], Sassan Rezaduost[2*], Farzad Jalili[3], Mohsen Roshdi[4], Javad Khalili Mahalleh[5]

[1] PhD Student in Agronomy, Department of Agriculture-Agronomy, Khoy branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran, Email: rahimiraji87@gmail.com
[2] Assistant Professor, Department of Agriculture-Agronomy, Khoy branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran, Email: srezadust@iaukhoy.ac.ir
[3] Assistant Professor, Department of Agriculture-Agronomy, Khoy branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran, Email: farjalili@yahoo.com
[4] Assistant Professor, Department of Agriculture-Agronomy, Khoy branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran, Email: roshdi1349@yahoo.com
[5] Assistant Professor, Department of Agriculture-Agronomy, Khoy branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran, Email: agriman2016@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022/12/09
Revised: 2023/09/29
Accepted: 2023/09/29

Keywords:
Relative water content
Salicylic acid
Seed yield
Water deficit stress

ABSTRACT

Background and objectives: Beans are one of the most important legumes in many developing countries as one of the sources of human protein. Drought stress is also one of the factors limiting the growth and production of plants in arid and semi-arid regions, which has reduced the yield of plants, especially legumes. The use of antitranspirants is an effective tool in regulating transpiration with the aim of preserving water in the plant. The aim of the present study was to compare the effects of antitranspirants in the condition of irrigation cut off on seed yield and some physiological characteristics of Kosha cultivar of pinto beans.

Materials and methods: The study was carried out in the form of split plots based on a randomized complete block design with three replications in the two crop years of 2019 and 2020 in agricultural lands located in Khoi city. Experimental treatments include irrigation at two levels; Normal irrigation (irrigation according to local custom) and irrigation cut off at the stage of filling the seeds in the main plots and spraying antitranspirants on eight levels in the sub plots included: salicylic acid (0.5%), phenyl mercuric acetate (100 µM), gibberellic acid (150 µM), cytovit (2%), chitosan (0.5%), castor oil (6%), gum arabic (0.5%) and distilled water (control). The traits measured in the experiment included plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, hundred seed weight, seed yield, biological yield, seed protein percentage, relative water content and proline content.

Results: The results showed that the cut off irrigation had a significant effect on the number of pods per plant, hundred seed weight, seed yield, biological yield, protein percentage, relative water content and proline content of bean leaves. Antitranspirants also had a significant effect on all traits except for the number of seeds in pods. The interaction effect of irrigation withholding and antitranspirants was significant in the number of seeds in the pod and the percentage of seed protein. The triple interaction of year, irrigation cut off and antitranspirants on the number of pods per plant and hundred seed

weight was significant. In the condition of irrigation cut off, antitranspirants increased the seed yield and the highest seed yield was obtained in the salicylic acid treatment, which increased by 41.1% compared to the control treatment.

Conclusion: It seems that by applying a stage of irrigation restriction and consumption of antitranspirants in the areas that faced with the problem of water deficit at the end of the growing season, by improving some morpho-physiological characteristics such as reducing the amount of proline and increasing the relative moisture content of leaves and biological function, it is possible to effectively decreased the slope of yield reduction of pinto beans under drought stress conditions. Therefore, in areas with water deficit, especially due to the simultaneous limitation of water resources and water consumption peak in other agricultural products, which causes psychological pressure on farmers to deal with the problem of water deficit, using antitranspirants as an efficient tool and removing a irrigation phase at the end of the growing season can partially compensated for the reduction of damage caused by water deficit.

Cite this article: Eiraji, R., Rezaduost, S., Jalili, F., Roshdi, M., Khalili Mahalleh, J. 2023. Effect of irrigation cut off and antitranspirants on yield and some physiological characteristics of pinto beans. *Crop Production Journal*, 16 (2), 149-168.

© The Authors. DOI: 10.22069/ejcp.2023.20745.2545
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷٤۰۳

اثر قطع آبیاری و مواد ضدتعرق بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی لوبیا چیتی

رحیم ایرجی[۱]، ساسان رضادوست[۲*]، فرزاد جلیلی[۳]، محسن رشدی[٤]، جواد خلیلی‌محله[٥]

۱ دانشجوی دکتری زراعت، گروه کشاورزی- زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران، رایانامه: rahimiraji87@gmail.com
۲ استادیار، گروه کشاورزی- زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران، رایانامه: srezadust@iaukhoy.ac.ir
۳ استادیار، گروه کشاورزی- زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران، رایانامه: farjalili@yahoo.com
٤ استادیار، گروه کشاورزی- زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران، رایانامه: roshdi1349@yahoo.com
٥ استادیار، گروه کشاورزی- زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران، رایانامه: agriman2016@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۹/۱۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۷/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۷/۰۷

واژه‌های کلیدی:
اسید سالیسیلیک
تنش کم‌آبی
عملکرد دانه
محتوای نسبی آب

چکیده

سابقه و هدف: لوبیا یکی از مهم‌ترین حبوبات است که در بسیاری از کشورهای درحال توسعه به‌عنوان یکی از منابع تأمین‌کننده پروتئین انسان می‌باشد. تنش خشکی نیز از عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده که موجب کاهش عملکرد در گیاهان به‌ویژه بقولات شده است. کاربرد مواد ضدتعرق ابزاری مؤثر در راستای تنظیم تعرق با هدف حفظ آب در گیاهان می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر مقایسه آثار مواد ضدتعرق در شرایط قطع آبیاری بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه لوبیا چیتی رقم کوشا بود.

مواد و روش‌ها: تحقیق حاضر به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه زراعی واقع در شهرستان خوی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در دو سطح؛ آبیاری نرمال (آبیاری طبق عرف محلی) و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی مواد ضدتعرق در هشت سطح در کرت‌های فرعی شامل: اسیدسالیسیلیک (۰/۵ درصد)، فنیل مرکوریک استات (۱۰۰ میکرومولار)، اسید جیبرلیک (۱۵۰ میکرومولار)، سیتوویت (۲ درصد)، کیتوزان (۰/۵ درصد)، روغن کرچک (٦ درصد)، صمغ عربی (۰/۵ درصد) و آب مقطر (شاهد) بود. صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش شامل ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، درصد پروتئین دانه، محتوای نسبی آب و میزان پرولین بود.

یافته‌ها: اثر قطع آبیاری بر تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، درصد پروتئین، محتوای نسبی آب و میزان پرولین برگ لوبیا معنی‌دار بود. مواد ضدتعرق نیز به غیر از تعداد دانه در غلاف بر سایر صفات اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل قطع آبیاری و مواد ضدتعرق در صفات تعداد دانه در غلاف و درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود. برهم کنش سه‌گانه سال، قطع آبیاری و مواد ضدتعرق بر تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه معنی‌دار به‌دست آمد. در شرایط قطع آبیاری، مواد ضدتعرق عملکرد دانه را افزایش داده و بیشترین عملکرد دانه در تیمار اسید سالیسیلیک حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد ٤۱/۱ درصد افزایشی بود.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد با اعمال یک مرحله محدودیت آبیاری و مصرف مواد ضدتعرق در مناطقی که در انتهای فصل رشد با مشکل کمبود آب مواجه می‌باشند، این عمل با بهبود برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ازجمله کاهش میزان پرولین و افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ و عملکرد زیستی، می‌تواند به‌طور مؤثری، شیب کاهش عملکرد لوبیا چیتی را در شرایط تنش خشکی کاهش دهد؛ بنابراین در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، بخصوص به دلیل هم‌زمانی محدودیت منابع آبی و اوج مصرف در سایر محصولات کشاورزی که موجب فشار روانی بر کشاورزان در مقابله با مشکل کم‌آبی می‌گردد، با استفاده از مواد ضدتعرق به‌عنوان ابزار کارآمد و با حذف یک مرحله آبیاری در پایان فصل رشد می‌توان تا حدودی کاهش خسارت ناشی از کمبود آب را جبران نمود.

استناد: ایرجی، ر.، رضادوست، س.، جلیلی، ف.، رشدی، م.، خلیلی‌محله، ج. (۱۴۰۲). اثر قطع آبیاری و مواد ضدتعرق بر عملکرد و برخی ویژگیهای فیزیولوژیکی لوبیا چیتی. مجله *تولید گیاهان زراعی*، ۱۶ (۲)، ۱۶۸-۱۴۹.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20745.2545

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

© نویسندگان.

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات در جهان می‌باشد که در بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه به‌عنوان یکی از منابع تأمین‌کننده غذای انسان، حاوی پروتئین بالا، فسفر، آهن، ویتامین B، فیبر و فاقد کلسترول است (۱). در سال‌های اخیر، کمبود آب به‌طورجدی عملکرد محصولات زراعی به‌ویژه لوبیا را تحت تأثیر قرار داده (۲) و تنش خشکی یکی از عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان بوده که موجب کاهش عملکرد در گیاهان به‌ویژه بقولات شده است. کاربرد مواد ضدتعرق یک ابزار مؤثر برای تنظیم تعرق در حفظ آب گیاه در حد مطلوب است (۳). مواد ضدتعرق از طریق سازوکارهایی از قبیل بستن روزنه‌ها، انعکاس بیشتر نور خورشید و کاهش رشد اندام‌های هوایی، در افزایش مقاومت گیاه به شرایط کمبود آب مؤثر می‌باشند (٤). یکی از مواد ضدتعرق طبیعی کیتوزان می‌باشد که با تحریک بیوسنتز اسیدآبسزیک در میزان گشودگی روزنه‌ها و میزان هدر رفتن آب در گیاه نقش دارد (۵) و باعث مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های اکسیداتیو می‌شود (٦، ۷). در آزمایشی گزارش‌شده که کاربرد کیتوزان با ایجاد شرایط مناسب باعث افزایش عملکرد گیاه سیاه دانه تحت شرایط تنش خشکی گردیده است (۸). اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش داشته (۹) و به‌عنوان ماده ضدتعرق از طریق ممانعت از باز شدن روزنه‌ها، سبب مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی می‌شود (۱۰). در آزمایشی گزارش‌شده است که کاربرد اسیدسالیسیلیک در سطوح ٤۵۰ میکرومولار باعث افزایش عملکرد، شاخص برداشت تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی نسبت به تیمار شاهد گردید (۱۱). جیبرلین‌ها نیز با افزایش فعالیت گزیلوگلوکان اندوتراس، گلیکوزیلات، از طریق افزایش قابلیت اتّساع دیواره سلولی، مقاومت گیاهان را به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهند (۱۲). در تحقیقی کاربرد اسیدجیبرلیک سبب بهبود ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک و تر ساقه شده است (۱۳). از دیگر ترکیبات بازدارنده تعرق، فنیل مرکوریک استات (PMA) است که به‌عنوان قارچ‌کش نیز مورداستفاده قرار می‌گیرد. در آزمایشی گزارش گردیده که محلول‌پاشی با فنیل مرکوریک استات در زمان دانه‌بندی و قطع آبیاری موجب افزایش عملکرد و درصد روغن آفتابگردان شده‌است (١٤). صمغ‌ها به موادی اطلاق می‌شوند که قدرت تشکیل ژل را دارند، این مواد از تراوش‌های درختان و بوته‌ها، عصاره‌های گیاهی، پودر دانه‌ها و بسیاری از فرایندهای طبیعی دیگر به‌دست آمده‌اند (۱۵). در آزمایشی گزارش شده‌است که ترکیبات ضدتعرق شامل موسیلاژ اسفرزه و صمغ عربی با تأثیر مستقیم بر محتوای آب درون بافتی سبب افزایش مقاومت گیاه به شرایط تنش خشکی در گیاه سیاه دانه گردید (۸).

نظر به کاهش روزافزون منابع آب قابل‌دسترس، به نظر می‌رسد تحقیق در حوزه بهینه‌سازی مصرف آب، یکی از نیازهای مطالعاتی مهم برای کاهش آسیب‌های ناشی از کمبود آب در تولید محصولات زراعی باشد. هدف از پژوهش حاضر، جستجو برای یافتن راه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آن به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بود. در این تحقیق کاهش میزان آب مصرفی با استفاده از برخی ترکیبات ضدتعرق در جهت جبران کاهش عملکرد گیاه لوبیا چیتی رقم کوشا در شرایط قطع آبیاری پایان فصل رشد مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کاربرد مواد ضدتعرق بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی لوبیا چیتی رقم کوشا، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان خوی با ۱۱۵۷ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد و بین ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی اجرا گردید. در جدول (۱) برخی از خصوصیات اقلیمی محل آزمایش نشان داده شده است.

جدول۱- آمار هواشناسی در شش‌ماهه اول سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ بر اساس گزارش ایستگاه هواشناسی خوی

Table 1- Meteorological statistics in the first half of 2019 and 2020 according to the report of Khoy meteorological station

ماه Months	متوسط مجموع بارش ماهانه (میلی‌متر) Average total monthly rainfall (mm)		متوسط حداکثر دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد) Average maximum monthly temperature (C°)		متوسط حداقل دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد) Average minimum monthly temperature (C°)		متوسط حداکثر رطوبت ماهانه (درصد) Average maximum monthly humidity (%)		متوسط حداقل رطوبت ماهانه (درصد) Average minimum monthly humidity (%)		متوسط مجموع تبخیر ماهانه (میلی‌متر) Average total monthly evaporation (mm)	
سال year	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
فروردین April	92.8	53.1	15.7	16.2	4.7	5.2	88	87	42	42	52.5	68.7
اردیبهشت May	26.2	62.5	22.9	22.1	9.1	9.2	77	84	30	37	142.6	162.8
خرداد June	3.0	16.7	31.7	31.6	15.2	14.6	67	64	20	18	272.0	308.5
تیر July	3.5	23.4	34.6	32.8	18.6	18.5	58	66	19	27	346.6	324.5
مرداد August	0.4	3.4	35.3	33.6	19.5	18.7	57	65	21	26	337.5	333.7
شهریور September	9.5	15.5	30.1	31.4	14.7	15.1	68	69	26	27	248.3	281.5

تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در دو سطح؛ آبیاری نرمال (آبیاری طبق عرف محلی) و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی مواد ضدتعرق در کرت‌های فرعی شامل: اسید سالیسیلیک (۰/۵ درصد)، فنیل مرکوریک استات (۱۰۰ میکرومولار)، اسید جیبرلیک (۱۵۰ میکرومولار)، سیتوویت (۲ درصد)، کیتوزان (۰/۵ درصد)، روغن کرچک (۶ درصد)، صمغ عربی (۰/۵ درصد) و آب مقطر به‌عنوان شاهد در هشت سطح انتخاب شد. در مهر ماه سال قبل از کاشت عملیات تهیه زمین انجام و پیش از شروع آزمایش، در فروردین ماه از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و آنالیز به‌عمل آمد (جدول۲).

بر اساس نتایج آزمایش خاک نیتروژن موردنیاز در قالب کود اوره به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (قبل از کاشت و قبل از تشکیل غنچه) و کود فسفر از منبع سوپرفسفات به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به خاک اضافه شد. بذور لوبیاچیتی رقم کوشا در کرت‌های آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به‌طول ۳ متر، فاصله بین بوته‌ها ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر در عمق حدود ۵ سانتی‌متری خاک در تاریخ دوم خرداد ماه به‌صورت دستی کشت گردید. تمامی بذور قبل از کاشت با استفاده از قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Physical and Chemical properties of test soil

بافت خاک Soil texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	مواد آلی (O.C.)	آهک (T.N.V)	درصد اشباع (SP)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (EC) دسی زیمنس بر متر ($ds\ m^{-1}$)
	(درصد) (%)			(میلی‌گرم در کیلوگرم) (mg.kg)			(درصد) (%)				
لومی‌رسی Lomy Clay	29	45	26	365	5.20	0.11	1.10	16	51	8.5	0.7

پس از کاشت، آبیاری به‌طور منظم و با حجم مساوی برای هر کرت با فواصل زمانی ۱۰ تا ۱۲ روز و تا مرحله تشکیل غلاف‌ها به‌طور یکسان برای تمامی تیمارها اعمال شد. بعد از تشکیل غلاف و در مرحله پر شدن دانه‌ها حدود ٦٥ روز پس از تاریخ کاشت جهت ایجاد تنش کم‌آبی در کرت‌های موردنظر، آبیاری قطع و ترکیبات ضدتعرق طی دو مرحله به فاصله یک هفته به‌صورت محلول‌پاشی با سم‌پاش دستی در هوای صاف و در ساعات اولیه روز صورت گرفت. به‌منظور بررسی صفات موردمطالعه، حدود ۸۹ روز بعد از تاریخ کاشت نمونه‌برداری انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی، نمونه‌ها به مدت ٤٨ ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک شدند و سپس با ترازوی حساس یک‌صدم گرم توزین و وزن آن‌ها ثبت گردید. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه، با استفاده از روش کجلدال، محتوای نیتروژن آن‌ها اندازه‌گیری و سپس به عدد ثابت ٦/٢٥ ضرب و درصد پروتئین دانه محاسبه شد (١٦). محاسبه محتوی نسبی آب برگ، پنج روز بعد از اعمال تنش کم‌آبی در مرحله غلاف‌بندی (در حین پر شدن دانه‌ها) و حدود ۷۰ روز بعد از تاریخ کاشت در تاریخ دهم مرداد ماه برای تمام تیمارها به‌طور یکنواخت اجرا و برابر رابطه (۱) محاسبه گردید (۱۷).

رابطه(۱)

۱۰۰ × [(وزن خشک – وزن آماس)/ (وزن خشک– وزن تر)] = محتوی نسبی آب (%)

میزان پرولین برگ به روش باتس (۱۹۷۳) و در زمان غلاف‌دهی و بعد از اعمال تنش کم‌آبی با اسپکتروفوتومتر مدل (Shervood259) در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت و ثبت شد (۱۸).

به منظور رعایت مفروضات تجزیه واریانس، آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس‌های خطای آزمایشی انجام یافت. بعد از اطمینان از یکنواختی واریانس، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییر و با در نظر گرفتن اثر سال به‌عنوان اثر تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ٢٤ انجام یافت. مقایسه میانگین صفات نیز به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزارExcel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که قطع آبیاری اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت، امّا اثر مواد ضدتعرق بر ارتفاع بوته لوبیا معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که مواد ضدتعرق در شرایط قطع آبیاری در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مادهٔ ضدتعرق)، موجب افزایش ارتفاع بوته گیاه گردید. بیشترین ارتفاع بوته

(۱۰۱/۷ سانتی‌متر) با محلول‌پاشی صمغ عربی و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول٤). ازآنجایی‌که در مرحله رشد زایشی، بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی گیاه اختصاص می‌یابد و ارتفاع بوته تا مرحله تشکیل غلاف در حداکثر قرار می‌گیرد بدین ترتیب، قطع آبیاری در پایان فصل بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه اختلال در رشد و توسعه سلول‌ها به‌ویژه در ساقه و برگ می‌باشد. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام‌ها محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی گیاهان را می‌توان با کوچک شدن برگ‌ها و یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (۱۹). در پژوهشی گزارش‌شده است که تنش در دورهٔ رشد رویشی موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های لوبیا گردیده، ولی تنش در دورهٔ رشد زایشی اثر معنی‌داری نداشت (۱۹). در تحقیقی دیگر نیز گزارش‌شده که اثر فواصل آبیاری و مواد ضدتعرق بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود و کاربرد مواد ضدتعرق شامل کیتوزان، موسیلاژ اسفرزه و صمغ عربی باعث افزایش ارتفاع بوته گیاه سیاه‌دانه گردیده‌است (۸) که می‌تواند مؤید نتایج این تحقیق باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) برخی از صفات موردمطالعه در لوبیا چیتی

Table 3- Combined analysis of variance (Mean squares) for some of the studied traits in pinto beans

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	(Mean of squares) میانگین مربعات				
			ارتفاع بوته Height plant	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن صد دانه 100 Seeds weigh	عملکرد دانه Seed yield
Year (Y)	سال	1	3.010 ns	8.167*	9.250**	93.813ns	597872.667ns
Year×Replication	تکرار × سال	4	143.083	0.494	0.216	24.096	717927.323
Irrigation (I)	آبیاری	1	11.344ns	34.560*	0.167ns	205.628*	22799402.667**
Irrigation × Year	سال× آبیاری	1	58.594ns	7.820ns	0.007ns	14.805ns	2924620.167**
Error a	خطای اصلی	4	24.000	3.733	0.125	14.414	105067.323
Foliar spray (Fs)	محلول‌پاشی	7	156.296**	4.093**	0.049ns	25.956**	1303174.048**
F s × Y	سال × محلول‌پاشی	7	61.653ns	0.395ns	0.217*	15.354*	321972.190**
F s × I	آبیاری × محلول‌پاشی	7	86.891ns	2.287ns	0.204*	6.422ns	191443.762ns
F s× I × Y	سال×آبیاری×محلول‌پاشی	7	64.808ns	2.460*	0.166ns	17.007*	99844.738ns
Error b	خطای فرعی	56	43.649	1.090	0.093	5.884	107962.073
C.V%	ضریب تغییرات (درصد)	-	6.91	9.24	6.84	8.54	10.35

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد

ns, * and ** are not significant and significant at five and one percent levels, respectively

جدول۳- ادامه

Table 3- Continued

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of squares) عملکرد زیستی Biological yield	پروتئین دانه Seed protein	محتوای نسبی آب RWC	میزان پرولین Proline
Year (Y)	سال	1	26998209.375^{ns}	31.054*	10.868^{ns}	0.193^{ns}
Year×Replication	تکرار × سال	4	3818798.125	3.886	37.502	19.806
Irrigation (I)	آبیاری	1	51632533.500**	92.827**	651.563**	5835.961**
Irrigation × Year	سال× آبیاری	1	5781035.042^{ns}	0.960^{ns}	83.440^{ns}	26.988^{ns}
Error a	خطای اصلی	4	2420746.896	3.114	27.468	22.397
Foliar spray (F s)	محلول‌پاشی	7	4301216.000**	2.512**	5.96*	4.474**
F s × Y	سال × محلول‌پاشی	7	1245540.232^{ns}	0.650^{ns}	44.693^{ns}	1.399^{ns}
F s × I	آبیاری × محلول‌پاشی	7	1068865.929^{ns}	2.009*	8.554^{ns}	2.867^{ns}
F s× I × Y	سال×آبیاری×محلول‌پاشی	7	1234993.661^{ns}	0.925^{ns}	16.221^{ns}	1.595^{ns}
Error b	خطای فرعی	56	1205228.558	0.692	8.554^{ns}	1.382
C.V%	ضریب تغییرات (درصد)		13.40	3.75	16.428	3.88

^{ns} , * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد

^{ns}, * and ** are not significant and significant at five and one percent levels, respectively

جدول٤- میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات مورد بررسی در لوبیا چیتی

Table 4- The average main effects of the experimental treatments on some studied traits in pinto beans

صفات آزمایشی Experimental traits	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
سال year			
سال Y_1 = 2019	95.8	4.2 ^{b}	3096
سال Y_2 = 2020	95.4	4.8 ^{a}	3254
آبیاری Irrigation			
آبیاری نرمال Normal irrigation	95.9	4.5	3662^{a}
قطع آبیاری Irrigation cut off	95.3	4.4	2688^{b}
مواد ضد تعرق Antiperspirants			
اسیدسالیسیلیک Salicylic acid	91.9^{c}	4.4	3417^{a}
فنیل مرکوریک استات Phenyl mercuric acetate	95.5^{bc}	4.6	3377^{ab}
جیبرلیک اسید Gibberellic acid	94.1^{bc}	4.4	3129^{b}
سیتوویت Cytoviet	98.1^{ab}	4.5	3361^{ab}
کیتوزان Chitosan	98.3^{ab}	4.5	3312^{ab}
روغن کرچک Castor oil	94.5^{bc}	4.5	3273^{ab}
صمغ عربی Arabic gum	101.7^{a}	4.4	3127^{b}
آب مقطر (شاهد) Distilled water (control)	90.7^{c}	4.4	2405^{c}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و در هر عامل، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column and each factor are not significantly different based on LSD test.

جدول ٤- ادامه

Table 4 - Continued

صفات آزمایش Experimental traits	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	محتوای نسبی آب (درصد) RWC (%)	میزان پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تر نمونه) Proline ($Mg.g^{-1}FW$)
سال year				
سال Y_1 = 2019	7663	21.6[b]	88.3	30.4
سال Y_2 = 2020	8724	22.8[a]	87.4	30.3
آبیاری Irrigation				
آبیاری نرمال Normal irrigation	8927[a]	21.2[b]	90.3[a]	22.5[b]
قطع آبیاری Irrigation cut off	7460[b]	23.2[a]	85.3[b]	38.1[a]
مواد ضد تعرق Antitranspirants				
اسیدسالیسیلیک Salicylic acid	8302[ab]	22.1[b]	87.6[b]	30.1[b]
فنیل مرکوریک استات Phenyl mercuric acetate	8582[ab]	22.2[b]	90.2[a]	30.4[b]
جیبرلیک اسید Gibberellic acid	7998[b]	21.9[b]	87.2[b]	30.1[b]
سیتوویت Cytoviet	8538[ab]	21.7[b]	88.2[ab]	30.2[b]
کیتوزان Chitosan	8925[a]	22.2[b]	88.7[ab]	30.5[b]
روغن کرچک Castor oil	8337[ab]	22.0[b]	88.6[ab]	29.9[b]
صمغ عربی Arabic gum	7919[b]	22.2[b]	88.5[ab]	29.8[b]
آب مقطر (شاهد) Distilled water (control)	6945[c]	23.3[a]	83.8[c]	31.7[a]

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و در هر عامل، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column and each factor are not significantly different based on LSD test.

تعداد غلاف در بوته: نتایج نشان داد که علاوه بر اثرات اصلی سال، رژیم آبیاری و مواد ضدتعرق، برهم‌کنش سال، آبیاری و مواد ضدتعرق نیز بر تعداد غلاف معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۳/۱) در سال اول و با آبیاری کامل در تیمار اسیدسالیسیلیک و کمترین مقدار (۹/۱) در سال اول و قطع آبیاری در تیمار شاهد (بدون ماده ضدتعرق) به‌دست آمد (جدول ۵). تعداد غلاف‌ها یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در تعیین عملکرد در گیاه لوبیا می‌باشد که تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه گرما و خشکی قرار می‌گیرد (۲۱). کاهش تعداد غلاف در لوبیا در اثر کم‌آبی توسط سایر محققین نیز گزارش شده‌است (۲۲، ۲۳، ۲٤). در شرایط محدودیت آبیاری، با توجه به رشد نامحدود لوبیا، کاهش دوره رشد و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته نسبت به آبیاری کامل می‌تواند باشد. به نظر می‌رسد کاهش تعداد غلاف در لوبیا شاید به دلیل قطع آبیاری و مواجه‌شدن گیاه با کمبود آب بوده درحالی‌که در گیاهان محلول‌پاشی شده با مواد ضدتعرق، کاهش میزان تعرق و افزایش پتانسیل آب گیاه تا حدودی از ریزش غلاف‌ها در شرایط محدودیت آبی جلوگیری کرده و در نتیجه باعث حفظ تعداد بیشتری از غلاف‌ها در گیاهان تیمار شده با مواد ضدتعرق گردیده است.

جدول۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه مواد ضدتعرق، رژیم آبیاری و سال بر برخی صفات لوبیا چیتی

Table 5- Means Comparison of three-way interaction of irrigation regime, antitranspirants and year on some traits in pinto beans

سال (Year)	رژیم آبیاری Irrigation regime	مواد ضدتعرق Antiperspirant	تعداد غلاف در بوته Seed number per pod	وزن صد دانه (گرم) 100 Seeds weigh (gr)
Y_1 = 2019 سال اول	آبیاری نرمال Normal irrigation	M_1	13.10 a	29.97 d-g
		M_2	12.50 a-c	34.77 a
		M_3	11.70 a-g	34.03 a-c
		M_4	11.77 a-g	31.03 a-e
		M_5	11.10 b-i	34.17 ab
		M_6	12.77 ab	31.33 a-d
		M_7	12.10 a-e	30.20 c-g
		M_8	10.07 g-k	24.57 k-m
	قطع آبیاری Irrigation cut of	M_1	10.97 c-j	29.47 d-h
		M_2	10.07 g-k	28.87 d-j
		M_3	9.93 h-k	26.77 f-l
		M_4	10.67 d-k	28.03 d-k
		M_5	11.37 b-h	25.33 i-m
		M_6	9.60 i-k	29.73 d-h
		M_7	9.27 jk	28.70 d-j
		M_8	9.07 k	23.47 lm
Y_2 = 2020 سال دوم	آبیاری کامل Normal irrigation	M_1	11.70 a-g	27.10 e-l
		M_2	11.03 c-i	28.80 d-j
		M_3	12.63 a-c	25.83 h-m
		M_4	12.20 a-d	28.10 d-k
		M_5	12.07 a-e	28.80 d-j
		M_6	11.60 a-h	29.90 b-g
		M_7	12.50 a-c	30.60 b-f
		M_8	11.47 a-h	28.83 d-j
	قطع آبیاری Irrigation cut of	M_1	11.93 a-e	26.57 g-l
		M_2	12.53 a-c	24.93 j-m
		M_3	10.47 e-k	25.80 h-m
		M_4	11.83 a-f	26.97 f-l
		M_5	12.07 a-e	29.23 d-i
		M_6	11.67 a-g	28.57 d-j
		M_7	10.13 f-k	25.23 i-m
		M_8	9.53 i-k	23.53 lm

M_1: اسیدسالیسیلیک، M_2: فنیل مرکوریک استات، M_3: جیبرلیک اسید، M_4: سیتوویت، M_5: کیتوزان، M_6: روغن کرچک، M_7: صمغ عربی، M_8: آب مقطر (شاهد).

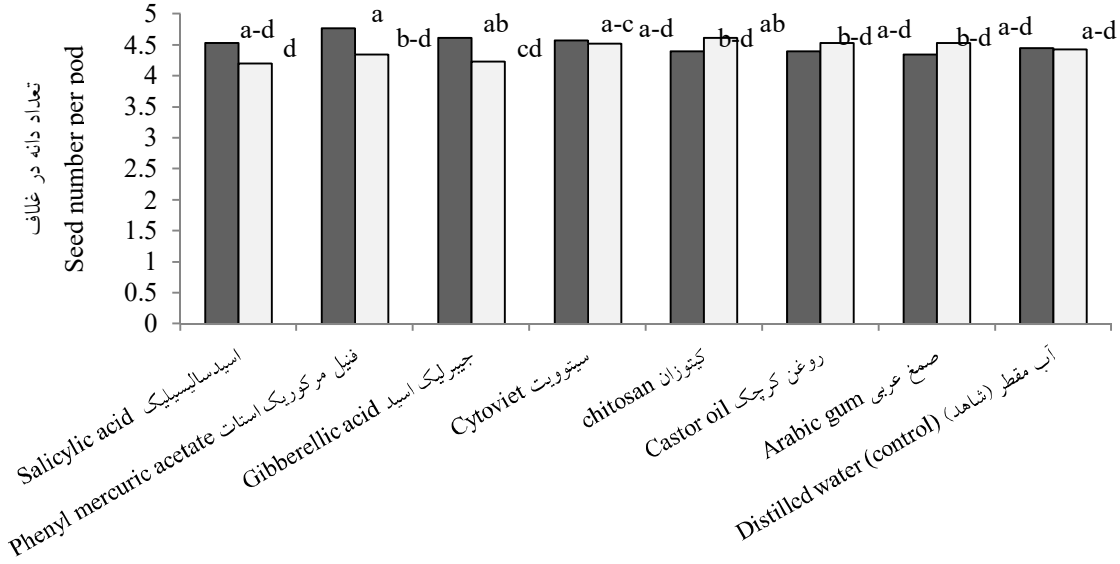
M_1: Salicylic acid, M_2: Fhenyl mercuric acetate, M_3: Gibberellic acid, M_4: Cytovite, M_5: Chitosan, M_6: Castor oil, M_7: Gum arabic, M_8: Distilled water (Control).

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و در هر عامل، براساس آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

Means with similar letters in each column and each factor are not significantly different based on LSD test.

تعداد دانه در غلاف: با ثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات در شرایط مختلف محیطی، تعداد دانه در غلاف است؛ زیرا در یک رقم معین تعداد سلول‌های تخم در همه تخمدان‌ها تقریباً ثابت است (۲۵). نتایج حاصله نشان داد قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه‌ها و کاربرد مواد ضدتعرق بر تعداد دانه در غلاف لوبیا اثر معنی‌داری نداشت؛ ولی اثر ساده سال، اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی و همچنین آبیاری و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در غلاف لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سال و محلول‌پاشی مواد ضدتعرق نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف (۵/۱) در سال دوم و با محلول‌پاشی فنیل مرکوریک استات بدست آمد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم‌های آبیاری و مواد ضدتعرق نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در آبیاری کامل و با محلول‌پاشی فنیل مرکوریک استات

(٤/٨) به‌دست آمد (شکل ۱). تعداد دانه در غلاف و کاهش تعداد دانه در شرایط متفاوت رطوبتی، اثر مشابه تعداد غلاف در بوته در نوسانات عملکرد را ندارد. به نظر می‌رسد علت عدم تفاوت معنی‌دار بین گیاهان تیمار شده و گیاهان شاهد با قطع آبیاری بی‌ارتباط نباشد، چون قبل از تشکیل این جزء از اجزاء عملکرد، گیاهان از مقدار آب کافی برخوردار بوده‌اند، بنابراین اثر مواد ضدتعرق بر وزن دانه بیشتر نمایان است. مشخص‌شده که تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی موجب ریزش گل‌ها، سقط دانه‌های تازه تشکیل‌شده، کاهش طول دورهٔ تشکیل اندام‌های زایشی و در نتیجه کاهش تعداد غلاف می‌شود درحالی‌که اعمال تنش در مرحله غلاف بندی تنها باعث کاهش وزن صد دانه می‌شود (۲٦). ازآنجایی که گیاهان دارای سازوکارهایی هستند که اندازه مخزن را بر اساس مقدار اسیمیلات‌های موجود تنظیم می‌کنند بنابراین، در شرایط تنش خشکی، گیاه با ریزش گل‌ها و غلاف‌های خود اندازه مخزن را کاهش می‌دهد و این امر سبب کاهش تعداد غلاف در بوته و به دنبال آن کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود (۲۷).



شکل ۱- اثرات متقابل رژیم آبیاری و مواد ضدتعرق بر تعداد دانه در غلاف لوبیا چیتی

Figure 1- Interaction effects of irrigation regime and antitranspirants on seed count in pinto bean pods

وزن صددانه: وزن صددانه از اجزاء مهم عملکرد دانه در گیاه لوبیا می‌باشد که در این آزمایش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت. اثر متقابل سال و محلول‌پاشی مواد ضدتعرق و برهم‌کنش سه‌گانه سال، آبیاری و محلول‌پاشی بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین وزن صد دانه (۳٤/۸ گرم) در آبیاری کامل در سال اول و با محلول‌پاشی فنیل مرکوریک استات و کمترین مقدار آن (۲۳/٤۷ و ۲۳/۵۳ گرم) به ترتیب در قطع آبیاری در سال‌های اول و دوم و در تیمار شاهد (بدون ماده ضدتعرق) به‌دست آمد (جدول۵). کمبود آب در مراحل رویشی و زایشی به علت افزایش رقابت برای آب و مواد غذایی باعث کاهش وزن دانه می‌گردد و کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی موجب کوتاه شدن طول دوره پر شدن مؤثر دانه و کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و کاهش وزن دانه در مرحله توسعه دانه می‌شود (۲۸). در تحقیقی گزارش

گردیده که عامل آبیاری بر وزن صد دانه لوبیا اثر معنی‌داری داشته به‌طوری‌که بیشترین (۳٤/۱۵ گرم) و کمترین وزن صد دانه (۲۰/۸۰ گرم) به ترتیب در نتیجه اعمال سطوح ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (۲۹). در آزمایشی صمدی و فرامرزی (۲۰۱٤) گزارش نموده‌اند که محلول‌پاشی فنیل مرکوریک استات در شرایط تنش خشکی می‌تواند حداکثر وزن هزار دانه را به عمل آورد که همسو با نتایج این آزمایش می‌باشد (۱٤). کاربرد ترکیبات ضدتعرق به سبب تأثیر در محتوای آب درون بافتی و افزایش طول دوره پر شدن دانه‌ها و افزایش مقاومت گیاه به شرایط نامساعد محیطی بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه لوبیا تأثیر مثبتی داشت.

جدل ٦- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی مواد ضدتعرق و سال در لوبیا چیتی

Table 6- Comparison of average number of seeds per pod, 100-seed weight and grain yield under the influence of foliar application of antitranspirants tested and year on pinto beans

سال (Year)	مواد ضد تعرق Antitranspirants materials	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن صد دانه(گرم) 100 Seeds weigh (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
Y1 = 2019 سال اول	M_1	3.97 ^{f}	29.72 $^{a-c}$	3511 ^{a}
	M_2	4.05 ^{f}	31.82 ^{a}	3479 ^{ab}
	M_3	4.25 ^{ef}	30.40 ^{ab}	3198 $^{a-d}$
	M_4	4.43 $^{c-e}$	29.53 $^{a-d}$	3353 $^{a-c}$
	M_5	4.28 $^{d-f}$	29.75 $^{a-c}$	3121 $^{b-d}$
	M_6	4.10 ^{ef}	30.53 ^{ab}	3141 $^{a-d}$
	M_7	4.20 ^{ef}	29.45 $^{a-d}$	2853 ^{de}
	M_8	4.02 ^{f}	24.02 ^{f}	2114 ^{f}
Y2 = 2020 سال دوم	M_1	4.77 $^{a-c}$	26.83 ^{de}	3324 $^{a-c}$
	M_2	5.07 ^{a}	26.87 ^{de}	3275 $^{a-c}$
	M_3	4.63 $^{b-d}$	25.82 ^{ef}	3061 $^{c-e}$
	M_4	4.65 ^{bc}	27.53 $^{c-e}$	3368 $^{a-c}$
	M_5	4.73 $^{a-c}$	29.02 $^{a-d}$	3503 ^{a}
	M_6	4.83 ^{ab}	29.33 $^{a-d}$	3404 $^{a-c}$
	M_7	4.68 ^{bc}	27.92 $^{b-e}$	3401 $^{a-c}$
	M_8	4.87 ^{ab}	26.18 ^{ef}	2696 ^{e}

M_1: اسیدسالیسیلیک، M_2: فنیل مرکوریک استات، M_3: اسیدجیبرلیک، M_4: سیتوویت، M_5: کیتوزان، M_6: روغن کرچک، M_7: صمغ عربی، M_8: آب مقطر (شاهد).

M_1: Salicylic acid, M_2: Phenyl mercuric acetate, M_3: Gibberellic acid, M_4: Cytovite, M_5: Chitosan, M_6: Castor oil, M_7: Gum arabic, M_8: Distilled water (control).

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و در هر عامل، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column and each factor are not significantly different based on LSD test.

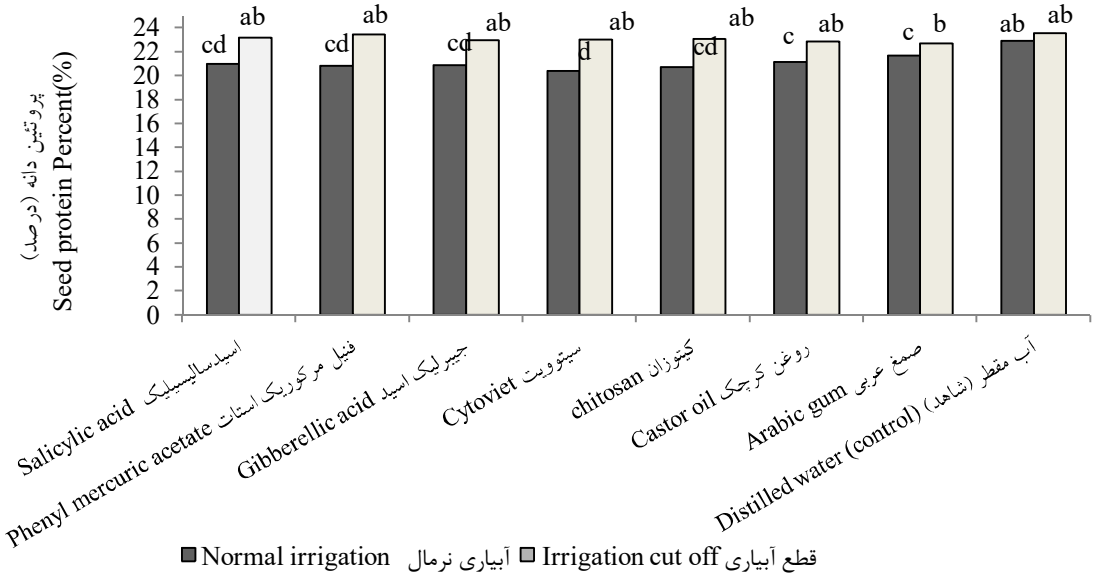
عملکرد دانه: اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی مواد ضدتعرق و همچنین اثرات متقابل سال در آبیاری و سال در محلول‌پاشی مواد ضدتعرق بر عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار بود (جدول۳). قطع آبیاری عملکرد دانه را ۲٦/٦ درصد نسبت به آبیاری معمول کاهش داد (جدول ٤). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین عملکرد دانه در سال اول با محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک (۳۵۱۱ کیلوگرم) و در سال دوم با کیتوزان (۳۵۰۳ کیلوگرم) به‌دست آمد و کمترین مقدار آن (۲۱۱٤ کیلوگرم) مربوط به تیمار شاهد (بدون ماده ضدتعرق) در سال اول بود (جدول ٦). تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر و کاهش در اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌گردد. محققین با بررسی تنش خشکی در ارقام لوبیا چیتی نشان دادند که مراحل گل‌دهی،

غلاف‌بندی و پر شدن دانه، بیشترین واکنش را به تنش خشکی نشان می‌دهد (۳۰) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. سایر محققان نیز کاهش عملکرد دانه را در شرایط تنش آبی در لوبیا قرمز (۲۲)، لوبیا چشم بلبلی (۲٤) و لوبیا چیتی (۳۱) گزارش نموده‌اند. به نظر می‌رسد تفاوت به‌وجود آماده می‌تواند به‌استناد گزارش آمار هواشناسی، ناشی از مقدار بارندگی و دمای محیط باشد که در سال دوم در مقایسه با سال اول بهبود یافته‌است. به‌طورکلی کاربرد مواد ضدتعرق در شرایط کم‌آبی، تحمل گیاه را به شرایط تنش افزایش داده و با حفظ مقادیر اجزاء عملکرد، از کاهش عملکرد دانه جلوگیری کرده‌است. افزایش عملکرد دانه به کمک مصرف اسید سالیسیلیک توسط محققان در گیاهان لوبیا قرمز (۳۲)، کلزا (۳۳) و ذرت (۳٤) نیز گزارش شده‌است

عملکرد زیستی: اثرات رژیم‌های آبیاری و مواد ضدتعرق بر عملکرد زیستی لوبیا چیتی معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین عملکرد زیستی (۸۹۲۷ کیلوگرم) در آبیاری نرمال و کمترین مقدار (۷٤٦۰ کیلوگرم) در تیمار قطع آبیاری به دست آمد. به‌طوری‌که قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد زیستی به میزان ۱٦/٤ درصد نسبت به آبیاری نرمال گردید (جدول ٤). محلول‌پاشی مواد ضدتعرق عملکرد زیستی لوبیا را در مقایسه با تیمار شاهد (بدون ماده ضدتعرق) در شرایط قطع آبیاری افزایش داد، به‌طوری‌که بیشترین (۸۹۲۵ کیلوگرم) عملکرد زیستی با محلول‌پاشی کیتوزان حاصل شد (جدول٤). این میزان اختلاف عملکرد زیستی در اثر تیمارهای آزمایشی می‌تواند ناشی از کاهش توانایی گیاه لوبیا چیتی در جذب عناصر غذایی و ساخت و انتقال مواد پرورده جهت توسعه اندام‌های هوایی در اثر قطع آبیاری باشد. تنش خشکی با کاهش سطح برگ و تسریع در پیری و ریزش برگ‌ها و در نتیجه کاهش سرعت رشد گیاه سبب کاهش وزن خشک گیاه و عملکرد زیستی می‌شود. گزارش شده‌است که کمبود آب، موجب کاهش توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی، ساخت و انتقال مواد پرورده شده و عملکرد زیستی را کاهش داده‌است (۳۵). در آزمایشی دیگر گزارش گردیده که کیتوزان با حفظ رطوبت در گیاه، موجب افزایش محتوای کلروفیل، کارایی سیستم فتوسنتزی و انتقال مواد گردیده و قادر است میزان تجمع کل ماده خشک را در شرایط تنش در لوبیا بهبود بخشد (۳٦). افزایش عملکرد زیستی در گیاه نخود در شرایط تنش خشکی با کاربرد کیتوزان گزارش شده‌است (۳۷).

درصد پروتئین دانه: نتایج آزمایش نشان داد که اثرات سال، قطع آبیاری، محلول‌پاشی مواد ضدتعرق و اثر متقابل قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان پروتئین دانه لوبیا معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین پروتئین دانه (۲۲/۸ درصد) در سال دوم به‌دست آمد. میانگین پروتئین در شرایط آبیاری کامل ۲۱/۲ و در قطع آبیاری ۲۳/۲ درصد به‌دست آمد که محدودیت آبیاری باعث کاهش ۸/٦ درصدی میزان پروتئین دانه در لوبیا گردید (جدول ٤). همچنین درصد پروتئین دانه لوبیا با مصرف مواد ضدتعرق بهبود یافت. کمترین میزان پروتئین دانه در تیمار سیتوویت (۲۰/٤ درصد) در آبیاری نرمال و بیشترین مقدار آن (۲۳/٦) در تیمار شاهد (بدون ماده ضدتعرق) در مرحله قطع آبیاری به‌دست آمد (شکل۲). در شرایط خشکی به‌خصوص به‌واسطه کاهش طول دوره زمان پر شدن دانه، کاهش فتوسنتز خالص و به‌تبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً این کاهش از ناحیه نشاسته می‌باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه افزایش و درواقع پروتئین افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از این آزمایش با یافته‌های برخی محققین درخصوص افزایش پروتئین دانه لوبیا در شرایط تنش کمبود آب مطابقت داشت (۲۳، ۳۸). سیتوویت با قرار گرفتن بر روی

برگ‌ها به‌صورت یک مانع فیزیکی خارجی عمل نموده و با دخالت در عملکرد روزنه‌ها، خروج بخار آب را از گیاه به تأخیر انداخته و موجب افزایش پتانسیل آب در مزوفیل می‌شود.



شکل۲- اثرات متقابل رژیم آبیاری و مواد ضدتعرق بر درصد پروتئین لوبیا چیتی

Figure 2 - Interaction effects of irrigation regime and antitranspirants on the percentage of pinto bean protein

محتوای نسبی آب برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که قطع آبیاری و مواد ضدتعرق بر محتوای رطوبت نسبی برگ لوبیا اثر معنی‌دار داشت (جدول۳). میانگین محتوای نسبی آب برگ در آبیاری کامل ۹۰/۳ درصد و در شرایط قطع آبیاری ۸۵/۳ درصد بود به‌طوری‌که قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها میزان محتوای نسبی آب برگ را نسبت به آبیاری کامل ۵/۳ درصد کاهش داد (جدول ٤). همچنین مواد ضدتعرق محتوای نسبی آب برگ را نسبت به تیمار شاهد در لوبیا افزایش داد، به‌طوری‌که بیشترین میزان نسبی آب برگ (۹۰/۲ درصد) با محلول‌پاشی فنیل مرکوریک استات به‌دست آمد (جدول٤). با شروع تنش خشکی تا مدتی گیاه تعرق و هدایت روزنه‌ای را بالا نگه می‌دارد ولی با ادامه دوره خشکی اقدام به کاهش قطر دهانه روزنه و در نهایت بستن آن‌ها می‌نماید. محققین در شرایط تنش خشکی، کاهش محتوای نسبی آب برگ را در گیاه لوبیا قرمز (۳۹)، لوبیا چیتی(٤٠) و لوبیا سبز (٤١) گزارش نموده‌اند. کریم‌زاده و همکاران (۲۰۱٦) در آزمایشی به این نتیجه رسیدند که کاهش میزان آب مصرفی باعث کاهش شاخص شادابی و کاهش میزان آب برگ در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی گردیده‌است (٤۲). به نظر می‌رسد مواد ضدتعرق در شرایط قطع آبیاری با کاهش تعرق از سطح برگ‌ها، میزان نسبی آب برگ لوبیا را نسبت به تیمار شاهد حفظ کرده‌اند.

پرولین: اثر قطع آبیاری و محلول‌پاشی مواد ضدتعرق در میزان پرولین برگ لوبیا اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول۳). بیشترین مقدار پرولین (۳۸/۱ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط محدودیت آبیاری مشاهده شد، به‌طوری‌که مقدار پرولین برگ در شرایط قطع آبیاری نسبت به آبیاری نرمال ٤۰/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول٤). محلول‌پاشی مواد

ضدتعرق تا حدودی اثرات منفی تنش کم‌آبی را در مقایسه با تیمار شاهد تخفیف داد. در بین مواد ضدتعرق بیشترین مقدار پرولین (۳۱/۷ میلی‌گرم بر گرم) با تیمار شاهد و کمترین مقدار (۲۹/۸ میلی‌گرم بر گرم) با محلول‌پاشی صمغ عربی به‌دست آمد که با سایر مواد ضدتعرق در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ٤). افزایش تجمع پرولین در برگ لوبیا سازوکاری برای کاهش اسمز تحت شرایط تنش خشکی معرفی شده‌است (٤٣). در این آزمایش به نظر می‌رسد مواد ضدتعرق از طریق ممانعت از باز شدن روزنه‌ها و افزایش میزان پرولین، مقاومت گیاه را از طریق تنظیم اسمز نسبت به تنش خشکی افزایش داده و در نتیجه باعث بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد محصول گردیده است. در تأیید نتایج حاصل از این آزمایش، در پژوهش‌هایی که انجام‌شده گزارش گردیده است که در شرایط تنش کمبود آب، میزان پرولین افزایش و با مصرف مواد ضدتعرق اثرات سوء تنش کاهش و باعث افزایش تحمل تنش کم‌آبی در لوبیا قرمز (۳۲)، کلزا (۳۳) و ریحان بنفش (٤٤) گردیده‌است.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق لوبیا چیتی رقم کوشا به قطع آبیاری انتهای فصل رشد حساس بوده و اکثر صفات موردمطالعه با قطع آبیاری کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد. با این‌حال کاربرد مواد ضدتعرق در شرایط تنش کم‌آبی با حفظ یا افزایش مؤلفه‌های تولید و با کم‌کردن اثرات سوء کمبود آب و ترمیم آسیب‌های ناشی از آن توانست در جهت افزایش کمی، مؤثر واقع شود. به بیان دیگر مواد ضدتعرق بکار رفته در این تحقیق تحت شرایط محدودیت آبیاری توانستند با تأثیر بر خصوصیات رویشی و زایشی لوبیا چیتی، افت عملکرد ناشی از کمبود آب را جبران کنند. از میان مواد ضدتعرق مورد آزمایش، اسیدسالیسیلیک توانست از طریق افزایش تعداد غلاف در بوته که یکی از اجزای مؤثر در عملکرد می‌باشد مقدار عملکرد دانه را افزایش دهد و بخشی از خسارات وارده در اثر تنش کم‌آبی را جبران نماید. استفاده از مواد ضدتعرق باعث گردید تا تخلیه آب از خاک به‌کندی صورت گرفته به‌طوری‌که با قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، گیاهان تیمار شده توانستند در شرایط محدودیت آبیاری مقاومت نمایند؛ بنابراین در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، بخصوص به دلیل هم‌زمانی محدودیت منابع آبی و اوج مصرف در سایر محصولات کشاورزی و فشار روانی کشاورزان در مواجه با مشکل کم‌آبی، استفاده از مواد ضدتعرق به‌عنوان ابزار کارآمد، با حذف یک مرحله آبیاری در پایان فصل رشد و حفظ و ذخیرهٔ رطوبت خاک تا حدودی کاهش خسارت ناشی از کمبود آب را جبران نمود.

References

1. Majnoun Hosseini, N. (2014). Pulse crop Agronomy and production. Jihad Publication, Tehran Univ. 283 p. (In Persian).
2. Sadeghipour, A. & Hashemi, B. (2015). Study the effect of brassinolide application on drought tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Walp. J. Crop Physiol. 7: 26. 57- 70. (In Persian).
3. Goreta, S., Leskovar, D. I. & Jifon, J. L. (2007). Gas exchange, water status, and growth of pepper seeds sexposed to transient water deficit stress are differentially altered by antitranspirants. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 132: 603-610.
4. Kazempour, S. & Tagbakhsh, M. (2002). Effect of some antitranspiration on vegetive Characteristics, yield and yield

parameters of corn under limited irrigation. J. Agron. Crop Sci. 32: 2. 205-211. (In Persian).
5. Del Amora, F. M., Cuadra-Crespoa, P., Walkera, D. J., Cámarab J. M & Madridc R. (2010). Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different. Levels of CO_2 and water stress. J. Plant Physiol. 167: 15. 1232-1238.
6. Farouk, S., Ghoneem, K. M. & Ali Abeer, A. (2008). Induction and expression of systematic resistance to downy mildew disease in cucumber plant by elicitors. Egypt. J. Phytol. 12: 95-111.
7. Mahdavi, B., Modares Sanavi, S. A. M., Agaalikhani, M. & Mozaffar, M. (2013). Effect of chitosan on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seed Germination and antioxidant enzymes activity under water stress. J. Plant Res. 26: 31. 352-365. (In Persian).
8. Safaei, Z., Azizi, M., Arvi, H. & Davari Nejad, G. H. (2018). The effect of irrigation intervals and natural antiperspirant compounds on morphological, physiological traits and water irrigation productivity index of (*Nigella sativa* L.). J. Hortic. Sci. 32: 3.371-382. (In Persian).
9. Naghizadeh, M. & Kabiri, R. (2017). Effect of foliar application of salicylic acid on some of physiological characteristics of corn(*Zea mays* L.) under drought stress conditions. Environ. Stresses Crop Sci. 9:4.315-327. (In Persian).
10. Bayat, S., Sepehri Zare A., Abyaneh, H. & Abdollahi, M. R. (2010). Effect of salicylic asid and paclobutrazol on some growth characteristics and yield of maize in conditions of drought stress. J. crops. Ecophysiol. 2:34-41. (In Persian).
11. Afshari, M. A., Shekari, F., Afsahi, K. & Azimkhani, R. (2016). Effect of florial applied salicylic acid on dry weight, harvest index, yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit stress. Environ. Stresses Crop Sci. 9 :1. 51-58. (In Persian).
12. Betrand, A. M. & Ernstsen, A. (2001). Endogenous gibberellins in Lolium perenne and influence of defoliation on their contents in elongating leaf bases and in leaf sheaths. Physiol. Plantarum. 111 :123-231.
13. Siripornadulsil, S., Traina, S., Verma, D. P. S. & Sayre, R. T. (2002). Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. Plant Cell. 14: 2837–2847.
14. Samadi, A. & Faramarzi, A. (2014). Effects of anti-transpiration spraying and irrigation cutting off on yield and yield components of sunflower hybrid of Farrokh as second crop at Miyaneh region, Iran J. Agroecol. 10: 3. 47-59. (In Persian).
15. Davazdahemami, S. and Majnoonhosseini, N. (2008). Cultivation and production of some medicinal and spice plants. Tehran Univ. Press, 300 p. (in Persian
16. Linn, J. G. & Martin, N. P. (1999). Forage quality tests and interpretation. The College of Agric., Food and Environ. Sci. Minnesota Univ. Press, USA. Pp: 311-632.
17. Barrs, H. D. & Kozlowski, T. T. (1968). Determination of water deficits in plant tissues., 1: 235-368.
18. Bates, L. S., Waldern, R. P. & Tear, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. 39: 205-207.
19. Safikhani, F., Sharifabadi Syadat, A., Ashorabadi, A., Syednedjad, M. & Abbaszadeh, B. (2007). The effect of drought on yield and morphologic characteristics *Deracocephalum moldvica* L.J. Med. Plants Res. 23: 2. 183-194.
20. Sepehri, A., Abasi, R. & Karami, A. (2015). Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield Component of bean genotypes. Agric. Crop Manag, 17:2.503-516. (In Persian).
21. Shoghian, M. & Roozbehani, A. (2017). The effect of salicylic acid foliar application on morphological traits, yield and yield Components of red bean

under drought tension conditions. Crop Physiol. J. 9: 34. 131-147. (In Persian).
22. Salehi, F. 2015. Principles of breeding and cultivation of common bean. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 265 p.
23. Mohajerani, SH. S., Alavi Fazel, M., Madani, H., Lak, S. & Madhaj,A. 2016a. Yield and Physiological Response of Red Bean Genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to Cutting Irrigation off at Different Growth Stages. J. Crop Ecophysiol. 10: 1. 213-224. (In Persian).
24. Ghaedi, R., Razmjoo, J. & Gholami Zali, A. (2021). Effect of Irrigation Regimes on Yield, Yield Components and Seed Quality of Different Pinto Bean(*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes. J. Crop Production and Process. 11: 2. 1-18. (In Persian).
25. Najarian, D., Fanoodi, F., Masoud Sinaki, & laei, G. (2016). The effect of irrigation cut tension and applying compost fertilizer on yield and yield components of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Crop Physiol. J. 8: 29. 59-72. (In Persian).
26. Lizana, C., Wenthworth, M., Martinez, J. P., Villegas, D. & Meneses, R. (2006). Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. J. Experimental Botany. 57: 685-697.
27. Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Vazayefi, M. & Goreishi Nasab, M. J. (2010). Effect of salicylic acid seed priming on some physiological traits of cowpea(*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at podding stage. J. Crop Ecophysiol. 13: 1. 13-30. (in Persian).
28. Omidi, F. & Sepehri, A. (2014). Effect of Sodium Nitoprossid on growth, yield and yield Components of bean(*Phaseolus vulgaris* L.) under deficit stress. Iranian J. Field Crop Sci, 45: 2. 234-254. (In Persian).
29. Karimi, M. & Baghal Mohseni, A. (2013). Effects of osmotic stress on soybeanvarieties. J. Novel Appl. Sci. 2: 4. 101-105.
30. Tabatabaei, S.S., Jahan M. & Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2020). The Effect of biological and nitrogen chemical fertilizers on yield and yield component of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. Environ. Stresses Crop Sci. 13: 1. 145-154. (In Persian).
31. Faramarzi, A., Jamshidi, S. & Salehi, M. (2008). Study of drought stress at different growth stages on yield and yield components of three Chitti bean cultivars. Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. 465 P. (in Persian).
32. Soheili Movahhed, S., Esmaeili, M. A., Jabbari, F. & Fouladi, A. (2017). Evaluation of Yield and Yield Components of Some Pinto bean(*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes under Late Season Water Deficit Conditions. Iran J. Agroecol. (Quarterly). 9: 2. 433-444. (In Persian).
33. Mir, Y., Daneshvar, M., Ismaili, A. & Khosravi, H. (2021). Effect of Foliar Application of Salicylic Acid and Micronutrients on Some Biochemical and Agronomic Characteristics of Rapeseed (*Brassica napus* L.*' Neptune cultivar*) under Water Deficit Stress. J. Crop Ecophysiol. 15: 3. 363-372. (In Persian).
34. Sepehri, A. & Bayat, S. (2013). The Effect of Salicylic Acid and Paclobutrazol on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.) Under Water Stress. Int. J. Plant Prod. 35: 4. 55-68. (In Persian).
35. Berari, M., Kordi, S. & Gerami, L. (2015). Improving tolerance to water deficit using Zn foliar spraying in two common bean(*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Iran J. Agron. 16: 3. 641-652. (In Persian).
36. Mondal, M. M. A., Malek, M. A., & Puteh, A. B., et al. (2012). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. Australiam J. Crop. Sci. 6: 5. 918- 921.
37. Sepehri A., Mohammadi H. & Sabaghpour H. (2018). Effect of antitranspirants substances and drought stress ameliorator on leaf area duration, water use efficiency and grain yield of Chickpea(*Cicer arietinum* L.) under different irrigation regimes. Appl. Field Crops Res. 31: 2. 119-134.

38. Mohammadzadeh, A., Majnoon Hosseini, N., Mogaddam, H. & Akbari, M. (2012). Effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of two red kidney bean genotypes. Iran J. Crop Sci. 14: 3. 307-294. (In Persian).
39. Mohajerani, SH. S., Alavi Fazel, M., Madani, H., Lak, S. & Madhaj, A. (2016b). Effects of water shortage at different growth stages on physiological and biochemical traits in red bean genotypes (*Phaseolous vulgaris* L.). J. Plant Environ. Physiol. 10: 40. 41-50. (In Persian).
40. Soheili movahhed, S., Esmaeili, M. A., Jabbari, F., Khorramdel, S. & Fouladi, A. (2017b). Effects of water deficit on Relative Water Content, Chlorophyll Fluorescence indices and seed yield in four pinto bean genotypes. J. Crop Prod. Proc. 10: 1. 169-190. (In Persian).
41. Hoseini, Z., Barzegar, T., Ghahremani, Z. & Nikbakht, J. (2020). Physiological responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to foliar spray of salicylic acid and biostimulant megafol under deficit irrigation stress. Environ. Stresses Crop Sci. 13: 3. 845-855. (In Persian).
42. Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M. & Tadayon, M. (2016). Investigation of changes in stomatal conductivity, canopy temperature and relative leaf water content of pinto bean genotypes. J. Crop Physiol. 8:30.105-120.(In Persian).
43. Siddiqui, M. H., Al-Khaishany, M. Y., Al-Qutami, M. A., Al-Whaibi, M. H., Al-Grover, H. M., Al-Wahibi, M. S. & Bukhari, N. A. (2015). Response of different genotypes of faba Bean plant to drought stress. International j. Molecular Sci.. 16: 10214-10227.
44. Malekpoor, F., Salimi, A. & Ghasemi Pirbalouti, A. (2017). Effect of bio-elicitor chitosan on physiological and morphological properties in purpule basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit. J. Plant Ecophysiol. 8: 27. 56-71. (In Persian).