اثر سطوح مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کنجد

مرتضی مقنی‌باشی نجف‌آبادی[1*]، حمید رضا خزاعی[2]، احمد نظامی[3] و حمید رضا عشقی‌زاده[4]

۱) دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲ و ۳) استاد گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول: **moghanibashi@mail.um.ac.ir**

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲**

چکیده

کنجد یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی در دنیا می‌باشد که به دلیل برخورداری از روغن بالای دانه یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده با سه سطح آبیاری پس از ۵۵، ۷۵ و ۸۵ درصد تخلیه مجاز در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ کنجد ورامین، نازتکشاخه، اولتان و یکتا در کرت‌های فرعی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. نتایج نشان داد بین ژنوتیپ‌های کنجد و رژیم‌های آبیاری از نظر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. برهم‌کنش آبیاری در ژنوتیپ در صفات نشت الکترولیت، پایداری غشا و عملکرد معنی‌دار شد. افزایش دور آبیاری از ۵۵ تا ۸۵ درصد تخلیه مجاز باعث کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ (۱۳ درصد)، هدایت روزنه‌ای (۴۲ درصد) و عملکرد دانه (۵۳ درصد) در ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد. علاوه بر این دمای سایه انداز گیاهی (۱۰ درصد) و نشت الکترولیت (۹۴ درصد) در اثر افزایش سطح تخلیه رطوبتی در تمامی ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۴۵۹ کیلوگرم در هکتار) از ژنوتیپ یکتا در شرایط آبیاری ۵۵ درصد و کم‌ترین عملکرد دانه (۵۳۷ کیلوگرم در هکتار) از ژنوتیپ نازتکشاخه در شرایط آبیاری ۸۵ درصد تخلیه مجاز آب خاک به‌دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کاهش فاصله آبیاری به دلیل بهبود محتوی نسبی آن برگ، هدایت روزنه‌ای، نشت الکترولیت و دمای سایه انداز گیاهی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی باعث افزایش عملکرد دانه کنجد شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، دانه‌های روغنی، هدایت روزنه‌ای و نشت الکترولیت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum*) گیاهی یکساله خودگشن با سابقه زراعی ۵۰۰۰ ساله به علت دارا بودن ۷۵ درصد روغن و پروتئین به عنوان یک منبع تغذیه‌ای مناسب محسوب می‌شود (Mehrabi and Ehsanzadeh, 2011). کنجد از دانه-های روغنی مناطق گرم و نیمه گرم محسوب می‌شود که در طی دوره رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی از جمله تنش خشکی و شوری مواجه می‌شود. هر یک از تنش‌ها می‌تواند بسته به میزان حساسیت در مرحله رشد گیاه، اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد گیاه داشته باشد (میری و همکاران، ۱۳۹۶). از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا تنش خشکی می‌باشد (Reddy *et al.*, 2004). تحمل به تنش خشکی در گیاهان مهم می‌باشد زیرا زمانی که تحت تنش خشکی ملایم و شدید قرار می‌گیرد، واکنش‌های متابولیکی گیاه در واکنش به اثر تنش خشکی قرار می‌گیرند، همچنین کیفیت و عملکرد دانه ممکن در شرایط تنش خشکی کاهش یابد (Sakata *et al.*, 2014). در گیاهان دمای سایه‌انداز گیاهی و تنش کم‌بود آب دارای ارتباط با یکدیگر می‌باشند (کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از راه‌کارهای پیش‌گیری از صدمات ناشی از کم‌بود آب در گیاهان بسته شدن روزنه‌ها است (Pastenes *et al.*, 2005). کم‌بود آب خاک از طریق بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش تعرق، که ساز و کار خنک کننده گیاه می‌باشد، می‌شود در نهایت دمای سایه‌انداز گیاه افزایش می‌یابد (Patel *at al.*, 2001). میزان آب برگ در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد و کاهش پتانسیل آب برگ باعث بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه باعث کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد و در نهایت باعث کاهش میزان دی اکسید کربن و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز و کاهش رشد می‌شود (Bota *et al.*, 2004). در بررسی گیاه کنجد با افزایش دور آبیاری از ۷ تا ۱۷ روز کم‌بود آب باعث کاهش ۱۲ درصدی هدایت روزنه‌ای گردید (حیدری و همکاران، ۱۳۹۴). یکی دیگر از دلایل اثر منفی تنش‌های محیطی بر سلامت گیاهان، تخریب غشای سلولی می‌باشد (Munns and James, 2003). عملکرد ویژگی پیچیده‌ای است که میزان آن بستگی به کارکرد و فعل و انفعالات بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک اجزا دارد که تحت تاثیر ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد. رطوبت کافی خاک در مرحله رشد طولی و گل‌دهی باعث افزایش دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد می‌شود (دادیور، ۱۳۸۵). بررسی ژنوتیپ‌های نازتکشاخه، یکتا، ورامین و اولتان کنجد تحت شرایط تنش خشکی مشخص کرد ژنوتیپ‌های یکتا، وارمین، نازتکشاخه و اولتان به ترتیب دارای بیش‌ترین عملکرد دانه بودند (Mehrabi and Ehsanzadeh, 2011). با توجه به کم‌بود شدید منابع آبی در ایران، آزمایش حاضر به منظور مطالعه روند تغییرات صفات فیزیولوژیک مرتبط با خشکی و عملکرد چهار ژنوتیپ کنجد اجرا شد تا ژنوتیپ‌های مناسب برای هر سطح آبیاری از نظر عملکرد شناسایی شوند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر چهار ژنوتیپ کنجد این آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. آبیاری در سه سطح (۵۵، ۷۵ و ۸۵ درصد تخلیه مجاز آب قابل استفاده در خاک) در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ کنجد (نازتک‌شاخه، اولتان، ورامین و یکتا) در کرت‌های فرعی مورد مقایسه قرار گرفت. عملیات آماده سازی بستر در اوایل خرداد ماه انجام شد قبل از کاشت برای تعیین میزان کود مورد نیاز، آزمون خاک صورت گرفت (جدول ۱). طول هر کرت فرعی دو متر بود که در آن پنج ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شد. پس از کشت آبیاری برای کلیه تیمارها به صورت یکسان صورت گرفت. تیمارهای آبیاری هم‌زمان با شروع مرحله گل‌دهی اعمال شد و تا پایان فصل رشد ادامه داشت، برای تعیین درصد رطوبت خاک، در فاصله بین دو آبیاری و حدود دو تا سه روز پس از هر آبیاری، روزانه از هر کرت اصلی، یک کرت فرعی به طور تصادفی انتخاب و پس از خروج آب ثقلی و عبور از مرحله ظرفیت زراعی، نمونه‌های از خاک در منطقه موثر ریشه که تابعی از مرحله رشد گیاه است (از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متر) توسط اوگر نمونه برداری شد. بدین وسیله پس از تعیین مقدار رطوبت خاک تیمار مورد نظر توسط اوگر، کمبود رطوبت تیمارهای مختلف تا رسیدن به ظرفیت زراعی جایگزین شد. حجم آب در هر بار آبیاری و برای هر کرت اصلی بر اساس رابطه ۱ زیر محاسبه گردید:

رابطه ۱: $$V_m=(F_c-\theta)\times BD\times A\times D/E_a$$

که در آن V_m: حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، F_c: درصد رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی، θ: درصد رطوبت وزنی خاک در تیمارهای تنش کمبود آب، BD: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم در متر مکعب، A: مساحت کرت اصلی بر حسب مترمربع، D: عمق موثر ریشه (متر) در مرحله اعمال تنش آبی و E_a: راندمان کاربرد آب آبیاری (درصد) است. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC[1]) روز قبل از اعمال تیمارهای آبیاری از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته (در مرحله شروع کپسول دهی) استفاده گردید، بدین ترتیب که برگ قطع شده و از این برگ قطعاتی به قطر یک سانتی‌متر تهیه شد و برای بدست آوردن وزن تر، وزن می‌شد (FW[2])، سپس این قطعات به مدت ۲۴ ساعت در درون آب دیونیزه در دمای اتاق قرار گرفت، بعد از این مدت قطعات دوباره وزن می‌شدند تا وزن آماس آن‌ها بدست آید (TW[3])، در مرحله بعد این قطعات به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد

1- Relative water content
2- Fresh weight
3- Turgid weight

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

از این مرحله برای تعیین وزن خشک دوباره وزن شدند (DW[1]) (Rosales *et al.*, 2012)، در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه۲ محاسبه گردید (Barr and Weatherly, 1962):

رابطه ۲: $RWC=[(FW-DW)/(TW-DW)]\times100$

جدول ۱: نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

بافت خاک	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	درصد رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی	درصد رطوبت وزنی در پژمردگی دائم
لوم رسی	۲۶۹	۱۹	۰/۰۶	۱۵	۱۰

به منظور اندازه‌گیری نشت الکترولیت از هر گلدان سه عدد دیسک برگی به قطر یک سانتی‌متر از جوان‌ترین برگ توسعه یافته برداشت شد و به منظور شستشوی الکترولیت‌های سطحی سه مرتبه با آب دیونیزه شستشو داده شدند. سپس این دیسک‌های برگی درون ویال‌هایی که حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت شش ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی-گراد قرار گرفتند، سپس هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC[2] متر اندازه گیری شد (L_t). در مرحله بعد نمونه‌ها در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱.۲ بار به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد تا غشا از بین برود و حداکثر نشت الکترولیت‌ها انجام گیرد. سپس ویال‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شده و نشت الکترولیت‌ها مجددا اندازه گیری شد (L_0). در نهایت از رابطه زیر درصد نشت الکترولیت‌ها محاسبه گردید (Ghoulam *et al.*, 2002, Sairam, 1994):

رابطه ۳: $EL\% = (Lt/L0)\times100$

هدایت روزنه‌ای (در مرحله شروع کپسول دهی) روز قبل از تیمارهای آبیاری از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته (سه برگ) در هر کرت بین ساعات ۱۱ تا ۱۴ با استفاده از دستگاه پرومتر[3] و طبق روش Ramirez-Vallejo و Kelly (۱۹۹۸) اندازه‌گیری شد. دمای سایه‌انداز با استفاده از دماسنج مادون قرمز یک روز قبل از آبیاری در مرحله کپسول‌دهی اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از رسیدگی گیاهان و حذف اثر حاشیه، از هر کرت یک مترمربع برداشت شد. در نهایت داده‌ها در نرم افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. ضرایب همبستگی بین صفات نیز محاسبه شد.

1- Dry weight
2- Electrolyte leakage
3- Porometer

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری و اثر ژنوتیپ بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود، ولی برهم‌کنش آبیاری و ژنوتیپ بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در تیمارهای ۵۵ و ۸۵ درصد تخلیه مجاز مشاهده شد. این کاهش در سطح ۸۵ درصد تخلیه مجاز نسبت به سطح ۵۵ درصد تخلیه مجاز برای محتوای نسبی آب برگ معادل ۱۵ درصد بود (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ ورامین دارای بیش‌ترین و ژنوتیپ یکتا دارای کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ بودند. در واقع ژنوتیپ وارمین دارای نه درصد محتوی نسبی آب برگ بیش‌تر نسبت به ژنوتیپ یکتا بود (جدول ۴). Ramirez-Vallejo و Kelly (۱۹۹۸) نیز بالا بودن محتوای نسبی آب برگ در ارقام متحمل به خشکی لوبیا را گزارش کردند. کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی پنج ژنوتیپ لوبیا چیتی در شرایط تنش خشکی گزارش کردند شاخص شادابی در تیمار تامین ۶۰ درصد نیاز آبی ۳۶ درصد کمتر از تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود. Choluj و همکاران (۲۰۰۸) نیز در بررسی گیاه چغندرقند در دو رژیم رطوبتی مطلوب و تنش خشکی اعلام کردند، کمبود آب مصرفی بر میزان آب برگ اثر منفی دارد. موسوی‌فر و همکاران (۱۳۹۰) مشاهده کردند که محتوای نسبی آب برگ در تیمار قطع آبیاری دو هفته بعد از تکمه‌دهی ۷۷ درصد و در تیمار آبیاری کامل ۹۲ درصد بود. به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیش‌تری وارد آنها شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌شود (موسوی‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی، دارای رابطه مستقیمی با محتوای رطوبت خاک می‌باشد (Nautiyal *et al.*, 2002). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل موثر در کاهش محتوای نسبی آب شناخته شده‌اند (Venkateswarlu and Ramesh, 1993).

دمای سایه انداز گیاهی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رژیم آبیاری، اثر ژنوتیپ و هم‌چنین بر هم‌کنش آبیاری در ژنوتیپ بر دمای سایه‌انداز گیاهی معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین دمای سایه‌انداز گیاهی به ترتیب در تیمارهای ۸۵ و ۵۵ درصد تخلیه مجاز مشاهده شد این افزایش در سطح ۸۵ درصد تخلیه مجاز نسبت به سطح ۵۵ درصد تخلیه مجاز برای دمای سایه‌انداز گیاهی معادل نه درصد بود (جدول ۳).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

جدول ۲: میانگین مربعات شاخص‌های فیزیولوژی و عملکرد دانه کنجد

		میانگین مربعات				
منبع تغییرات	درجه آزادی	محتوی نسبی آب برگ	دمای سایه-انداز	هدایت روزنه ای	نشت الکترولیت	عملکرد دانه
بلوک	۲	۱۵/۶۸	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۳۸۱۰/۴۷
آبیاری	۲	۲۹۷/۱۱*	۲۵/۶۰**	۰/۰۲**	۶۳۲/۷۷**	۱۳۶۷۸۵۶/۲۰**
خطای اصلی	۴	۷۴/۴۶	۱/۷۶	۰/۰۰	۱۰/۱۶	۱۲۱۴۶/۴۴
ژنوتیپ	۳	۶۶/۹۲*	۳/۷۴**	۰/۰۰**	۹/۴۷*	۱۳۲۱۲۸/۱۸**
ژنوتیپ * آبیاری	۶	۱۰/۸۸ns	۰/۳۰**	۰/۰۰ns	۲۳/۳۴**	۲۱۸۰۶/۰۹*
خطای فرعی	۱۸	۲۷/۴۱	۰/۸۶	۰/۰۰	۲/۹۲	۶۵۷۷/۲۲
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۴۳	۲/۹۳	۲/۷۱	۷/۵۱	۹/۲۲

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات رژیم آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای، دمای سایه-انداز و عملکرد دانه

رژیم آبیاری (تخلیه مجاز)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	دمای سایه‌انداز (درجه‌سانتی‌گراد)	هدایت روزنه‌ای (میکرو مولار دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه)	نشت الکترولیت (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۵۵ درصد	۷۵/۶۸	۳۰/۰۸	۰/۱۹	۱۵/۴۶	۱۲۵۱/۳۳
۷۵ درصد	۶۹/۷۸	۳۲/۰۹	۰/۱۴	۲۲/۸۱	۷۹۴/۲۵
۸۵ درصد	۶۵/۷۹	۳۲/۹۲	۰/۱۱	۲۹/۹۹	۵۹۲/۳۶
LSD	۹/۷۸	۱/۵۰	۰/۰۰۷	۳/۶۱	۱۲۴/۹۲

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند.

برهم‌کنش رژیم آبیاری و ژنوتیپ نشان داد که افزایش دور آبیاری از ۵۵ تا ۷۵ درصد تخلیه مجاز دمای سایه انداز گیاهی در هر چهار ژنوتیپ مورد بررسی افزایش یافت، درحالی‌که افزایش دمای سایه‌انداز با افزایش دور آبیاری از ۷۵ تا ۸۵ درصد تخلیه مجاز در ژنوتیپ یکتا نسبت به سه ژنوتیپ دیگر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ۵). افزایش ۱۰ درجه سانتی‌گراد دمای سایه‌انداز در اثر تنش خشکی در گیاه لوبیا چیتی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (کریم-زاده و همکاران، ۱۳۹۵). عزت احمدی و همکاران (۱۳۹۰) در گیاه گندم گزارش کردند که بیش‌ترین اختلاف دمای سایه-انداز با محیط (پنج درجه سانتی‌گراد) در گیاهان شاهد و کم‌ترین اختلاف دمای سایه‌انداز با محیط (دو درجه سانتی‌گراد)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

در گیاهان تحت تنش رطوبتی مشاهده می‌گردد. میزان آب موجود در خاک بر روی دمای سایه‌انداز گیاهی اثر گذار است و با افزایش میزان آب در خاک دمای سایه‌انداز گیاهی خنک‌تر می‌شود. این امر بیانگر بهبود وضعیت آبی گیاه در نتیجه انجام عمل تعرق می‌باشد (Wen-Zhong *et al.*, 2007).

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات ژنوتیپ بر محتوی نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای

ژنوتیپ	یکتا	ورامین	نازتکشاخه	اولتان	LSD
محتوی نسبی آب برگ (درصد)	۶۷/۶۲	۷۳/۴۴	۶۸/۶۷	۷۱/۹۳	۵/۱۸
هدایت روزنه‌ای (میکرو مولار دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه)	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۰۴

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند.

تعرق ساز و کار خنک کننده گیاه است، در شرایط بدون محدودیت آب روزنه‌های گیاه باز است و گیاه هم‌زمان با انجام فتوسنتز، تعرق نیز انجام می‌دهد، که نتیجه این امر خنک شدن گیاه و تولید ماده خشک است، اما در شرایط وجود محدودیت آب، گیاه برای اینکه آب کم‌تری از دست بدهد روزنه‌های خود را ببندد که این امر باعث می‌شود فرایند تعرق صورت نگیرد و دمای سایه‌انداز گیاهی بالا رود، بدیهی است که قدرت تولیدی گیاه کاهش می‌یابد (Wen-Zhong *et al.*, 2007).

هدایت روزنه‌ای

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر هدایت روزنه‌ای برگ ژنوتیپ‌های کنجد معنی‌دار بود (جدول ۲). در تمامی ژنوتیپ‌ها با کاهش میزان آب آبیاری، هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. این کاهش در سطح ۸۵ درصد تخلیه مجاز نسبت به تیمار ۵۵ درصد تخلیه مجاز برای هدایت روزنه‌ای معادل ۴۲ درصد بود (جدول ۳). بررسی مقادیر هدایت روزنه‌ای نشان داد ژنوتیپ اولتان و ورامین دارای بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای و ژنوتیپ یکتا و نازتکشاخه دارای کم‌ترین هدایت روزنه‌ای بودند (جدول ۴). دانشمند و همکاران (۱۳۸۷) مشاهده کردند که در گیاه کلزا با افزایش دور آبیاری از ۴۰ تا ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی هدایت روزنه‌ای ۶۹ درصد کاهش می‌یابد. کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش کردند که با کاهش میزان آب آبیاری، هدایت روزنه‌ای هر دو سوی برگ کاهش می‌یابد، چنان‌که بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای چه قبل و چه بعد از آبیاری در تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کم‌ترین مقدار آن در تیمار تامین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد. باز شدن روزنه‌ها نتیجه افزایش پتانسیل فشاری سلول‌های محافظ روزنه نسبت به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

سلول‌های اطراف آن است. این آماس به سبب واکنش گیاه نسبت به محرک محیطی، که گاهی سبب ورود یون‌های پتاسیم که بر تنظیم فشار اسمزی تاثیر می‌گذارد، است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۴). آب کافی ورود یون‌های پتاسیم را به درون سلول‌های محافظ روزنه تحریک می‌کند. بنابراین تنش رطوبتی با کاهش شکاف روزنه سبب کاهش هدایت روزنه‌ای در گیاهان تحت تنش خشکی می‌شود (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۵). ژنوتیپ‌های که تحمل بیش‌تری به تنش دارند، نسبت بیش‌تری از روزنه‌های خود را باز نگه داشته و بدین طریق دی‌اکسیدکربن بیش‌تری وارد برگ می‌کنند و این امر می‌تواند در نهایت باعث بالاتر بودن عملکرد نسبت به ژنوتیپ‌های حساس باشد (Rosales *et al*, 2012).

نشت الکترولیت‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رژیم آبیاری، ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ در آبیاری بر نشت الکترولیت معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نشت الکترولیت به ترتیب در تیمارهای ۸۵ و ۵۵ درصد تخلیه مجاز مشاهده شد. این افزایش در سطح ۸۵ درصد تخلیه مجاز نسبت به سطح ۵۵ درصد تخلیه مجاز برای نشت الکترولیت معادل ۴۸ درصد بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین بر هم‌کنش ژنوتیپ در آبیاری نشان داد که با افزایش دور آبیاری از ۵۵ تا ۷۵ درصد تخلیه مجاز افزایش درصد نشت الکترولیت در هر چهار ژنوتیپ مورد بررسی از لحاظ آماری یکسان بود، در حالی‌که با افزایش دور آبیاری از ۷۵ تا ۸۵ درصد تخلیه مجاز، افزایش درصد نشت الکترولیت در ژنوتیپ ورامین نسبت به سه ژنوتیپ دیگر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ۵). در گیاه گلرنگ مشاهده شد که کم‌ترین درصد نشت الکترولیت در آبیاری کامل و بیش‌ترین آن در تیمار قطع آبیاری مشاهده شد. اعمال تنش خشکی به‌ویژه تنش شدید موجب ناکارآمدی غشای سلولی در برگ گیاه و احتمالا به دنبال آن موجب افزایش نفوذپذیری غشا بر الکترولیت‌ها شود (موسوی‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). میزان هدایت الکتریکی در محیط آبی، خسارت تنش خشکی را به غشا سلول نشان می‌دهد و میزان پایداری غشاء سلولی به‌خوبی با تحمل سایر فرایندهای گیاهی به تنش از جمله فتوسنتز مرتبط است و به عنوان شاخصی از تحمل به تنش ارائه شده است (Sairam *et al*., 2002). بهادر و همکاران (۱۳۹۶) کم‌ترین درصد نشت الکترولیت در گیاه سیاهدانه در ۱۰۰ درصد نیاز آبی و بیش‌ترین مقدار آن در ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده کردند. حفظ تمامیت غشای سلولی طی شرایط تنش، نشانه‌ای از وجود مکانیزم‌های کنترلی در تحمل به پسابیدگی است. تنش خشکی یکسری تغییرات مشابه تنش سرما در دنباله‌های اسید چرب ایجاد می‌کند و اسیدهای چرب غیر اشباع افزایش می‌یابند. در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدی دولایه‌ای غشا حالت شش وجهی و ساختار غشا به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد و در نهایت منجر به کاهش پایداری غشا سلول در گیاهان مختلف می‌شود (میرجلیلی، ۱۳۸۴).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

عملکرد دانه

نتایج نشان داد اثر رژیم آبیاری، ژنوتیپ و بر هم‌کنش رژیم آبیاری در ژنوتیپ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش سطح آبیاری از ۵۵ تا ۸۵ درصد تخلیه مجاز عملکرد دانه ۵۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در سطح آبیاری ۵۵ و ۷۵ درصد تخلیه مجاز از چهار ژنوتیپ مورد بررسی در این آزمایش ژنوتیپ یکتا و اولتان دارای بیش‌ترین عملکرد دانه و ژنوتیپ ناز تک‌شاخه دارای کم‌ترین مقدار عملکرد دانه بودند، اما در سطح آبیاری ۸۵ درصد تخلیه مجاز تفاوت معنی‌داری بین چهار ژنوتیپ مشاهده نشد. در واقع درصد کاهش عملکرد بر اثر کاهش رطوبت قابل دسترس در خاک در دو ژنوتیپ یکتا و اولتان نسبت به دو ژنوتیپ ورامین و نازتک‌شاخه بیش‌تر بود (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری در ژنوتیپ بر نشت الکترولیت، دمای سایه‌انداز و عملکرد دانه

رژیم آبیاری (تخلیه مجاز)	ژنوتیپ	دمای سایه‌انداز (درجه-سانتی‌گراد)	نشت الکترولیت (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۵۵ درصد	یکتا	۳۰/۵۶	۱۶/۶۲	۱۴۵۹/۶۱
	ورامین	۲۹/۵۳	۱۲/۹۸	۱۲۴۱/۵۳
	نازتکشاخه	۳۰/۵۳	۱۲/۶۰	۹۷۰/۰۶
	اولتان	۲۹/۷۰	۱۹/۶۶	۱۳۳۴/۱۳
۷۵ درصد	یکتا	۳۲/۸۳	۲۰/۵۷	۹۲۰/۴۹
	ورامین	۳۱/۳۳	۲۳/۵۵	۷۹۹/۱۰
	نازتکشاخه	۳۲/۹۰	۲۳/۶۸	۶۴۱/۰۰
	اولتان	۳۱/۳۰	۲۳/۴۴	۸۱۶/۴۴
۸۵ درصد	یکتا	۳۳/۷۶	۳۰/۷۴	۶۲۴/۰۳
	ورامین	۳۲/۶۰	۳۲/۹۴	۵۷۱/۷۳
	نازتکشاخه	۳۲/۹۰	۲۷/۹۱	۵۳۷/۵۰
	اولتان	۳۲/۴۳	۲۸/۳۷	۶۳۶/۱۷
LSD		۰/۴۴	۳/۳۳	۱۴۳/۷۳

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

به‌نظر می‌رسد کمبود رطوبت خاک از طریق کاهش محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای و افزایش دمای سایه انداز گیاهی و نشت الکترولیت منجر به کاهش عملکرد گیاه شده باشد. در آزمایش دانشمند و همکاران (۱۳۸۷) نیز تنش خشکی از طریق کاهش محتوی نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای و افزایش دمای برگ باعث کاهش عملکرد دانه کلزا شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

بنا به‌نظر عزت احمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز تنش رطوبتی از طریق تاثیر بر دمای سایه‌انداز گیاهی و هدایت روزنه‌ای باعث محدود نمودن منبع، کاهش مخزن و ظرفیت ذخیره‌ای می‌شود که به تبع آن، عملکرد دانه کاهش خواهد یافت. حیدری و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که افزایش دور آبیاری از هفت تا ۱۷ روز در گیاه کنجد باعث کاهش هدایت روزنه‌ای برگ گردید در نتیجه عملکرد دانه ۱۴ درصد کاهش یافت. بنا به‌نظر ایشان کنجد در مرحله استقرار گیاه‌چه و در در دوره گلدهی تا پر شدن دانه به کمبود رطوبت خاک حساس می‌باشد. درگاهی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که افزایش تنش رطوبتی از تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تا تامین ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه عملکرد دانه ۲۶ درصد کاهش یافت. در مطالعه مقنی‌باشی (۱۳۸۹) نیز افزایش دور آبیاری از ۷۵ تا ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر عملکرد دانه کنجد ۳۴ درصد کاهش یافت که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. بهادر و همکاران (۱۳۹۶) در گیاه شاهدانه گزارش کردند که افزایش دور آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تا ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه عملکرد دانه ۸۲ درصد کاهش می‌یابد. آن‌ها کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی را ناشی از بسته شدن روزنه‌ها و به دنبال آن اختلال در جذب دی‌اکسید کربن و در نتیجه تولید ماده خشک بیان کردند.

نتیجه گیری

در این بررسی مشاهده شد که افزایش فاصله زمانی بین دور آبیاری متوالی در مرحله زایشی گیاه کنجد سبب کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای و افزایش معنی‌دار نشت الکترولیت و دمای سایه‌انداز گیاهی در ژنوتیپ-های مورد بررسی و در نتیجه کاهش عملکرد کنجد گردید و این موضوع خود، حساس بودن این گیاه را به کمبود آب در مرحله زایشی نشان می‌دهد. از طرفی، دست‌یابی به عملکرد دانه مناسب در کنجد، در شرایط کمبود رطوبت با استفاده از ارقام متحمل و سازگار به‌دست می‌آید. در این بررسی مشاهده شد که در شرایط آبیاری نرمال ژنوتیپ اولتان و یکتا عملکرد دانه بالاتری نسبت به ژنوتیپ ورامین و نازتکشاخه تولید نمودند. درحالی‌که در شرایط شدید کمبود رطوبت چهار ژنوتیپ مورد بررسی عملکرد یکسانی تولید کردند.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان جهت تامین امکانات لازم جهت انجام این آزمایش و اداره هواشناسی شهرستان نجف آباد جهت تامین داده‌های هواشناسی قدردانی می‌شود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

منابع

بهادر، م.، تدین، م.ر.، رفیعی‌الحسینی، م. و صالحی، م.ح. ۱۳۹۶. تغییرات دمای سایه انداز و برخی صفات فیزیولوژیک شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) تحت تنش کم آبی و سطوح زئولیت. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۰(۲): ۲۷۹-۲۶۹.

حیدری، م.، اسماعیلی، م.ع.، حیدرزاده، ا. و مولائی، م. ۱۳۹۴. تاثیر کود گوگردی و تیوباسیلوس بر شاخص‌های فیزیولوژیک دو رقم کنجد تحت تاثیر تنش خشکی و محاسبه همبستگی بین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷(۱): ۷۲-۵۴.

حیدری، م.، گلیج، م.، قربانی، ه. و برادران فیروزآبادی م. ۱۳۹۴. تاثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی نانواکسید آهن بر عملکرد دانه، محتوای یونی و رنگدانه‌های نورساختی کنجد. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۶(۴): ۶۲۸-۶۱۹.

دادیور، م. و خودشناس، م. ۱۳۸۵. ارزیابی اثرات تنش آبی در کلزا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۲(۴): ۸۵۲-۸۴۵.

دانشمند، ع.، شیرانی‌راد، ا.ح.، نورمحمدی، ق.، زراعی، ق. و دانشیان، ج. ۱۳۸۷. تاثیر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک دو رقم کلزا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵(۲): ۱۱۲-۹۹.

درگاهی، ی.، اصغری، ع.، رسول‌زاده، ع.، آقایی‌فرد، خ. و احمدیان، م. ۱۳۹۳. اثر تنش کم آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.). مجله به نژادی گیاهان زراعی و باغی. ۲(۲): ۱۸۳-۱۷۱.

عزت‌احمدی، م.، نورمحمدی، ق.، قدسی، م. و کافی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش رطوبتی و محدودیت منبع بر تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های گندم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۲): ۲۴۱-۲۲۹.

کریم‌زاده، ه.، نظامی، ا.، کافی، م. و تدین، م.ر. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات هدایت روزنه‌ای، دما سایه‌انداز گیاهی و آب برگ ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی در شرایط کم آبیاری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۰: ۱۲۰-۱۰۵.

مقنی‌باشی، م. ۱۳۸۹. اثر تیمار بذر و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه کنجد. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

موسوی‌فر، ا.، بهدانی، م.ع.، جامی الاحمدی، م. و حسینی بجد، م.س. ۱۳۹۰. تغییرات شاخص کلروفیل (SPAD)، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد دانه در سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره تحت تاثیر قطع آبیاری. پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۳): ۵۳۴-۵۲۵.

میر جلیلی، ع. ۱۳۸۴. گیاهان در محیط‌های تنش‌زا. انتشارات نوربخش، تهران.

میری، م.، پیردشتی، ه.آ.، فغانی، ا. و قاسمی عمرانی، و.ا. ۱۳۹۶. تاثیر پاکلوبوترازول بر خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تنش خشکی. پژوهش‌های زراعی کاربردی. ۳۰(۱): ۹۷-۸۳.

Barr, H.D. and Weatherley, P.E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biological Science, 15:413–428.

Bota, J., Flexas, J. and Medrano, H. 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? New Phytolgist, 162:671-681.

Choluj, D., Karwowska, R., Cizewska, A. and Jasinska, M. 2008. Influence of long-term drought stress on osmolyte accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants. Acta Physiologica Plantarum, 30:679-687.

Ghoulam, C., Foursy, A. and Fares, K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany, 47: 39–50.

Mehrabi , Z. and Ehsanzadeh, P. 2011. A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. Journal of Crop Improvement, 13(2): 75-88.

Munns, R. and James, R.A. 2003. Screening method for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil, 253:201-218.

Nautiyal, P.C., Rachputi, N.R. and Joshi, Y.C. 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf-water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivar differing in specify leaf area. Field Crop Research, 74:67-79.

Pastenes, C., Pimentel, P. and Lillo, J. 2005. Leaf movement and photoinhibition in relation to water stress in field-grown beans. Journal of Experimental Botany, 56:425-433.

Patel, N.R., Mehta A. N. and shekh, A.M. 2001. Canopy temperature and water stress quantification in rain fed pigeon pea (*Cajanus cajan* L.,). Agricultural and Forest Meteorology, 109: 223-232.

Ramirez-Vallejo P. and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica, 99:127–136.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal Plant Physiology, 161(11): 1189-1202.

Rosales M.A.,Ocampo, E., Rodríguez-Valentín, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J. and Covarrubias, A.A. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. Plant Physiology and Biochemistry, 56: 24-34.

Sairam, R.K. 1994. Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. Indian Journal of Experimental Biology, 32: 584-593.

Sairam, R.K., VeerabhadraRao, K. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163: 1037-1046.

Sakata, Y., Komatsu, K. and Takezawa, D. 2014. ABA as a universal plant hormone. Progress in Botany, 75: 57-96.

Venkateswarlu, B. and Ramesh, K. 1993. Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of groundnut under polyethylene glycol-induced water stress. Plant Science, 90:179-185.

Wen-zhong, Z., Ya-dong, H. and Hong-Juan, D. 2007. Relationship between canopy temperature at flowering stage and soil water content, yield component in rice. Rice Science 14(1):67-70.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]

The effect of different irrigation levels on some physiological characteristic and grain yield of sesame genotypes

M. Moghanibashi Najafabadi[1*], H. R. Khazaie[2], A. Nezami[3] and H. R. Eshghizadeh[4]

1) Ph.D. Student of Crop Physiology, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2&3) Professor of Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4) Assistance Professor of Department of Agronomy and Plants Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*** Corresponding Author: m.moghanibashi@mail.um.ac.ir**

This article is extracted from Ph.D. thesis.

Received date: 2018.11.06 **Accepted date: 2019.03.13**

Abstract

Sesame is one of the oldest crops in the world, due to its high oil content, is one of the most important oilseed plants in arid and semi-arid regions. This experiment was conducted in the form of statistical design in randomized complete blocks with split plots with three levels of irrigation after 55, 75 and 85 percent of drainage in the main plots and four genotypes of sesame Varamin, Naztakshakheh, Olahtan and Yekta in sub plots with three replications in the research farm of the Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, was conducted in 2015. The results showed that there was a significant difference between the genotypes of sesame and irrigation regimes in terms of physiological characteristics and grain yield. The interaction of irrigation in genotype was significant in electrolyte leakage traits, membrane stability and yield. Increasing irrigation intervals from 55 to 85 percent of allowable drainage resulted in significant reduction in leaf relative water content (13 percent), stomata conductance (42 percent) and grain yield (53 percent) in genotypes examined. In addition, canopy temperature (10 percent) and electrolyte leakage (94 percent) increased significantly in all genotypes due to increased moisture discharge. The highest grain yield (1459 kilogram per hectare) of Yekta genotype under irrigation conditions 55 percent and the lowest grain yield (537 kilogram per hectare) was obtained from Naztakshakheh genotypes under 85 percent permitted soil water discharge. Overall, the results showed that reducing the irrigation interval due to improved leaf relative content, stomata conductance, electrolyte leakage and plant canopy temperature in the investigated genotypes increased the yield of sesame seeds.

Keywords: Drought tension, Oil seeds, Stomata conduction and Electrolyte leakage.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.41.4.9]