اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تنش کم‌آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی در جو بهاره

آرزو مولودی*[۱]، علی عبادی[۲] و سدابه جهانبخش[۳]

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲) دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

* **نویسنده مسئول:** Arezumovludi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۰۶ **تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۰۸**

چکیده

اثر مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و متابولیت‌های سازگاری جو بهاره در شرایط کم‌آبی بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در شرایط گلخانه مورد مطالعه قرارگرفت. فاکتورهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی در سه سطح ۳۵ درصد، ۶۰ درصد و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی و مصرف نیتروژن در سه سطح ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (منبع اوره ۴۶ درصد) بود. در این پژوهش طول و وزن ساقه، وزن مخصوص ساقه، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، میزان پرولین و قند محلول اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد زمانی‌که گیاه در معرض تنش کم آبی باشد، طول و وزن ساقه، وزن مخصوص ساقه، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش و قند محلول و میزان پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. در بین تیمارهای کودی بیش‌ترین عملکرد دانه و اجزای عملکرد با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. هم‌چنین نیتروژن با تخفیف اثر تنش موجب افزایش معنی‌دار مقدار صفات مربوط به عملکرد و کاهش معنی‌دار متابولیت‌های سازگاری شد. نتایج همبستگی نشان داد وزن ۱۰۰ دانه بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۹۴۴ ، α=٪۱) را با عملکرد دانه داشت. به عبارت دیگر کاهش ماده خشک تولیدی در تنش کمبود آب، نمو زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پرولین نیز کم‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد (r= -۰/۸۷۵ ،α=٪۵). به نظر می‌رسد که اختصاص کربن بیش‌تر در ساختار متابولیت‌های سازگاری، هم‌چون پرولین می‌تواند باعث کاهش رشد شود. بنابراین سنتز بیش‌تر پرولین در اثر تنش کم آبی ممکن است یکی از عوامل کاهش عملکرد نیز باشد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش کم‌آبی، شاخص برداشت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که از اهمیت زیادی برخوردار است و به‌طور معمول در زمین‌هایی که برای کشت سایر غلات چندان مناسب نیست، کشت می‌شود (امام، ۱۳۸۶). امروزه کمبود منابع آبی یکی از عوامل اصلی محدودکننده‌ی تولید گیاهان زراعی و تولید غذا در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (kenan *et al*., 2007). کم‌آبی علاوه بر تغییرات فیزیولوژیک موجب صدمات اکسیداتیو (ترشحی) تولید اکسیژن فعال باعث تخریب غشا می‌شود تولیدشده که از عوامل مهم محدودکننده رشد و تولید در گیاه هستند، هم‌چنین تنش سبب محدودیت در استفاده از نیتروژن معدنی موجود در خاک به علت کمی رطوبت می‌شود (Allen, 1995). Samarah (۲۰۰۵) گزارش داد که تنش رطوبتی با کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، عملکرد دانه را در جو کاهش می‌دهد. جهان‌بین (۱۳۸۲) عنوان داشت که تیمارهای آبیاری به‌طور معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله اثرگذار بود. هم‌چنین وی اعلام کرد که تیمارهای مختلف آبیاری با اثر بر وزن هزار دانه منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. گزارش Sanjari و Yazdansepas بر ۱۲ رقم گندم زمستانه نشان داد، تنش خشکی موجب کاهش شدید وزن هزار دانه شده و رابطه مثبتی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت نیتروژن وجود داشت. نیتروژن ترکیب اصلی پروتئین‌ها می‌باشد و در ساختمان اسیدهای آمینه به‌کار رفته است. این عنصر در سنتز آنزیم‌ها نیز مورد نیاز بوده و در ساختمان کلروفیل، گل‌دهی و تشکیل میوه و تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها اثرگذار است (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). Omidy Ardalany و Bahraini (۲۰۱۰) نشان دادند تنش کم‌آبی و مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان معنی‌دار بود و گیاه در مرحله گل‌دهی نسبت به تنش کم‌آبی بیش‌ترین حساسیت را داراست و مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین عملکرد را داشت. پاپری‌مقدم‌فر و بحرانی (۱۳۸۴) نیز گزارش کردند با افزایش میزان کود نیتروژن تراکم گیاهی و عملکرد دانه افزایش پیدا کرد. در کل، در دسترس بودن آب و نیتروژن کافی دو عامل بسیار مهمی هستند که بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی اثر می‌گذارند (Rajala *et al*., 2009). Bajji و همکاران (۲۰۰۱) افزایش غلظت پرولین را در اثر کمبود آب در سه رقم گندم دوروم گزارش کردند. به نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان باشد. تجمع پرولین و قندهای محلول و سایر متابولیت‌ها به منظور تنظیم اسمزی در گیاهان مختلف مانند گراس‌های مرتعی توتون و جو نیز گزارش شده است (Martin *et al*., 1993; Turner and Jones, 1980). تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که در دوره‌ی کوتاهی بعد از اعمال تنش خشکی زنده بماند و گیاه بتواند بعد از رفع تنش رشد خود را بازیابی کند و بنابراین اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت. اما در تنش طولانی مدت اثرات مفید آن موثر نبوده و تجمع آن باعث کاهش عملکرد خواهد شد، زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به سمت فرآیندهای غیر از پر شدن دانه منحرف می‌گرداند (Sanchez *et al*., 1998). قندهای محلول

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند. بنابراین تعیین میزان قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به شوری و خشکی باشد *et al*., (Patger 2005). با توجه به اهمیت تنش کم‌آبی و هم‌چنین اثر تشدیدکننده تنش‌های مدیریتی نظیر کمبود نیتروژن در برخی مناطق کشور، برای ارزیابی اثر این تنش‌ها بر میزان پرولین، قند محلول، عملکرد و اجزاء عملکرد جو بهاره این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل تنش کم‌آبی در سه سطح ۳۵ درصد (تنش شدید)، ۶۰ درصد (تنش متوسط) و ۸۵ درصد (شاهد) ظرفیت مزرعه و کود نیتروژن در سه مقدار ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. در اجرای طرح از گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. بذور ژنوتیپ EBYTW-11 جو پس از ضد عفونی درون گلدان‌های حاوی خاک کاشته شد. کود نیتروژنی به فرم اوره در دو نوبت پس از سبز شدن و ابتدای گل‌دهی بر مبنای تیمارهای آزمایش محاسبه و اعمال شد. ظرفیت زراعی خاک به روش وزنی (بدین منظور روزانه گلدان‌ها با ترازوی دقیق وزن شدند و از روی وزن، میزان رطوبت خاک تعیین شد آبیاری به میزانی انجام شد که رطوبت خاک داخل گلدان ها به FC برسد) مشخص شد و تیمارهای کم‌آبی یک هفته بعد از مصرف اولین نوبت کود اعمال گردید. (برای جلوگیری از تبخیر از سطح خاک، به سطح گلدان‌ها به ارتفاع سه سانتی‌متر پرلیت افزوده شد). میزان رطوبت گلدان‌ها با توجه به ظرفیت زراعی هر تیمار، از طریق توزین روزانه وزن حفظ گردید تا پیوسته در سطح تنش مورد نظر رشد نمایند. مقدار سایر کودهای مورد استفاده بر اساس آزمون تجزیه خاک و نیاز کودی گیاه انتخاب شد، به‌طوری‌که برای هرگلدان ۷۶۰ میلی‌گرم سوپرفسفات و ۷۰۰ میلی‌گرم سولفات‌پتاسیم مصرف گردید (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

شوری ($ds.m^{-1}$)	pH	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (پی.پی.ام.)	پتاسیم (پی.پی.ام.)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
۰/۶۲	۷/۸۸	۰/۶۲	۰/۰۶	۸/۵۰	۱۷۰	۱۲	۱۴	۶۴	لومی شنی

صفات اندازه‌گیری شده شامل طول و وزن ساقه، وزن مخصوص ساقه، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و میزان پرولین و قندهای محلول برگ بود. برای اندازه‌گیری صفات مورد آزمایش از هر گلدان ۷ بوته به‌طور تصادف انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شده و پس از خشک کردن در هوای آزاد اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ساقه از تقسیم وزن به طول ساقه به‌دست آمد. شاخص برداشت از رابطه زیر محاسبه شد (Soltani و همکاران، ۲۰۰۵):

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1393.6.24.3.9]

رابطه ۱: ۱۰۰ × (زیست‌توده / عملکرد اقتصادی) = شاخص برداشت

سنجش مقدار پرولین برگ با استفاده از روش Bates (۱۹۷۳) صورت گرفت. برای این کار ابتدا مقدار یک گرم بافت برگی (نمونه‌گیری از جوان‌ترین برگ بالغ در مرحله ساقه‌دهی) در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳/۳ درصد ساییده و همگنای حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و سپس دو میلی‌لیتر از عصاره حاصل، دو میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسیداسیتیک گلاسیال خالص را مخلوط و به مدت یک ساعت در بن ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بعد از آن چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام از لوله‌ها افزوده‌شد و به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس گردیدند. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قندهای محلول به روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد به این ترتیب که نیم گرم از بافت تر برگ (نمونه‌گیری از جوان‌ترین برگ بالغ در مرحله ساقه‌دهی) را در پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد ساییده و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شد، سپس روشناور (مایع رویی) جدا و به لوله‌ی دیگری منتقل شد. سپس دو بار و در هر بار پنج میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقی‌مانده اضافه و کاملاً شستشو گردید و بخش روشناور به لوله آزمایش منتقل شده و در نهایت ۱۵ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۰/۱ میلی لیتر از عصاره و سه میلی‌لیتر آنترون به آن اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول ۲ نشان داد ارتفاع ساقه، وزن ساقه، وزن مخصوص ساقه تحت اثر ساده تنش کم‌آبی قرار گرفت (۱٪ >α). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی از ارتفاع ساقه، وزن ساقه و وزن مخصوص ساقه کاسته شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع ساقه (۵۱/۸۷ سانتی‌متر)، وزن ساقه (۱/۵۵ گرم) و وزن مخصوص ساقه (۰/۰۲۹ گرم بر سانتی‌متر) در شاهد و کم‌ترین آن (به ترتیب ۴۰/۹۰ سانتی‌متر، ۰/۵۱ گرم و ۰/۰۱۲ گرم بر سانتی‌متر) در تنش شدید (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد (شکل ۱ الف، ج و ه). اثر ساده نیتروژن بر ارتفاع ساقه، وزن ساقه در سطح پنج درصد و بر وزن مخصوص ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌ها با افزایش مصرف نیتروژن ارتفاع ساقه و وزن ساقه و هم‌چنین وزن مخصوص ساقه افزایش یافت، به‌طوری‌که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با ۴۰ کیلوگرم موجب افزایش میزان ارتفاع ساقه، وزن ساقه و وزن مخصوص ساقه شد (شکل ۱ ب، د، و). تنش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

موجب کاهش میزان جذب مواد غذایی از خاک شده و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد که این محدودیت تأمین آسیمیلات‌ها به کاهش رشد و بیوماس تولیدی منجر می‌شود (عبادی، ۱۳۷۸). Jamshidi Moghadam و همکاران (۲۰۰۷) کاهش طول و وزن ریشه، ساقه و اندام هوایی گیاه را در اثر تنش گزارش نمودند. مصرف نیتروژن باعث افزایش سطح سبز گیاه و گسترش اندام هوایی گیاه شده و در تأخیر اثر تنش نقش مهمی دارد (Singh and Singh, 1994). یافته‌های این پژوهش با نتایج Zarabi و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد.

جدول ۲: تجزیه واریانس تأثیر مصرف کود نیتروژن بر روی برخی صفات مورد بررسی در شرایط کم‌آبی در جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قند محلول	پرولین برگ	عملکرد دانه	وزن صد دانه	شاخص برداشت	وزن مخصوص ساقه	وزن ساقه	طول ساقه
کم آبی	۲	۰/۳۵*	۶۷۲/۵**	۱/۵*	۶/۹۶**	۴۰۲/۴**	۱/۳**	۱۵/۴**	۲۸۰**
نیتروژن	۲	۰/۰۰۴^{ns}	۱۷/۰۳^{ns}	۰/۱۶*	۰/۷۶**	۴۵/۸**	۰/۰۶**	۳/۰۲*	۳۶/۸*
کم‌آبی × نیتروژن	۴	۰/۰۷۴**	۶/۳۱**	۰/۰۴۲**	۰/۰۸*	۱۴/۷*	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۰/۸۴^{ns}
خطا	۱۸	۰/۰۱۱	۲۱/۰۶	۰/۰۱۲	۰/۰۲	۴/۲۲	۰/۰۰۲	۰/۷۷	۷/۸۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۰۹	۷/۵	۱۴/۳	۳/۵۹	۵/۸۰	۱۱/۹	۷/۳۵	۵/۹۷

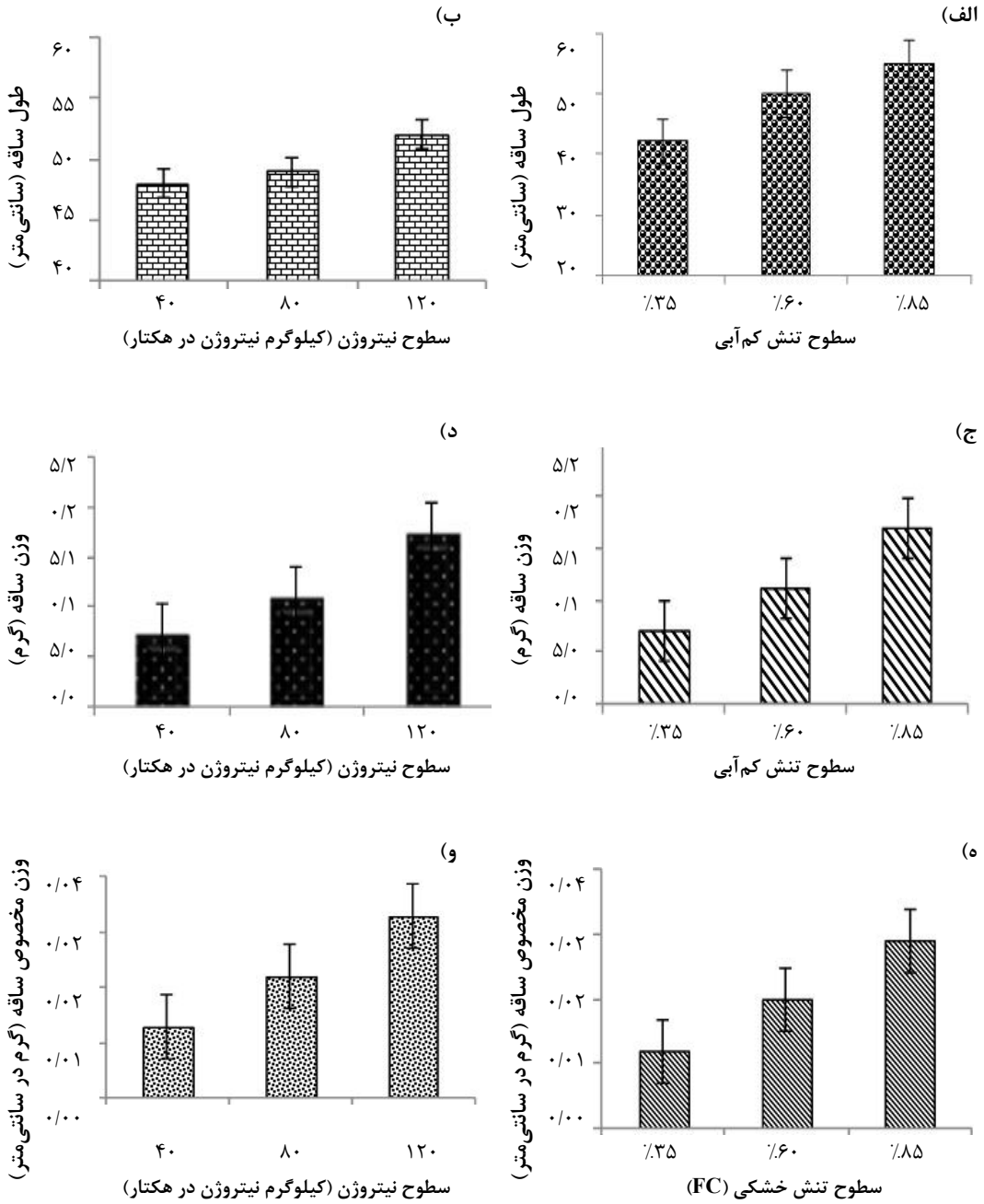
ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش نیتروژن و کم‌آبی بر عملکرد دانه، وزن صد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که در طی تنش کم‌آبی شاخص برداشت، وزن صد دانه و در نهایت عملکرد کاهش یافت و مصرف نیتروژن موجب بهبود این صفات شد و در تنش شدید (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) شاخص برداشت، وزن صد دانه و عملکرد به ترتیب ۴۶ درصد، ۴۸ درصد و ۷۷ درصد درصدکاهش داشت (شکل۲ الف، ب و ج). تنش ناشی از افزایش فواصل آبیاری، بخصوص در مرحله زایشی، منجر به کاهش ظرفیت مخزن و کاهش وزن دانه در گیاه شده و در نتیجه افت شدید عملکرد دانه را سبب می‌گردد (اردکانی و همکاران، ۱۳۸۶). Gadallah (۲۰۰۰) نیز دلیل کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش شدید خشکی را حساسیت بیش‌تر رشد زایشی نسبت به شرایط نامطلوب در مقایسه با دوره رشد رویشی تشخیص دادند که موجب کاهش شاخص برداشت می‌شود. تنش با کاهش میزان فتوسنتز از انتقال و ذخیره مواد غذایی در دانه‌ها ممانعت کرده و موجب کاهش وزن صد دانه در طی تنش می‌شود (عبادی، ۱۳۷۸). مصرف نیتروژن با افزایش این عنصر غذایی در خاک بر عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Connor and Sadras, 1992). Abadi و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که افزایش عملکرد دانه گلرنگ به‌واسطه مصرف نیتروژن در نتیجه افزایش تعداد طبق در بوته و وزن توده طبق بود. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که تغییرات عملکرد متناسب با تغییرات تعداد دانه و وزن هزار دانه بود که با یافته‌های سلیمانی (۱۳۸۷) و چاکرالحسینی (۱۳۸۵) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد وقوع تنش بر اجزای عملکرد اثر می‌گذارد، به‌طوری‌که در مرحله برجستگی دوگانه سبب کاهش سنبلچه، در مرحله قبل گل‌دهی کاهش تعداد گلچه، و در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

مرحله گل‌دهی باعث افزایش سقط گل‌ها، در نهایت کاهش تعداد مخزن[1] و وزن هزار دانه در مرحله رسیدگی می‌شود. نیتروژن نیز با تأثیر بر رشد رویشی به ویژه در شرایط مناسب محیطی به افزایش فتوسنتز کمک کرده و با افزایش اجزای عملکرد بر مقدار عملکرد دانه می‌افزاید.



شکل ۱: اثر تنش کم‌آبی بر طول ساقه (الف)، وزن ساقه (ج) و وزن مخصوص ساقه (ه) اثر مصرف نیتروژن برطول ساقه (ب)، وزن ساقه (د) و وزن مخصوص ساقه (و) درجو بهاره (با استفاده از آزمون LSD)

[1] Sink

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

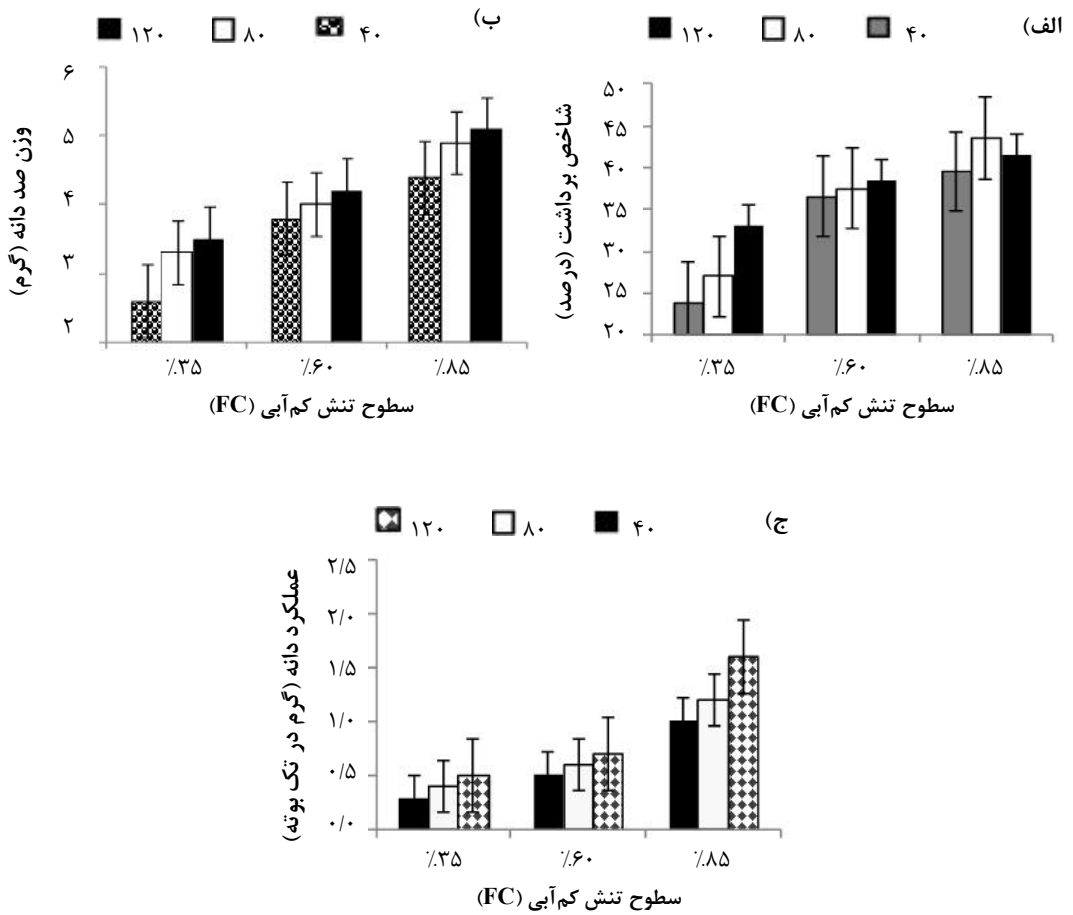
بین شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی و نیتروژن برهمکنش معنی‌داری از نظر میزان انباشت قندهای محلول مشاهده شد (جدول ۲). با تشدید تنش کم‌آبی مقدار قندهای محلول افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین قند محلول سنتز شده در تنش شدید (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) و مصرف کود ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (شکل ۳ الف). معمولاً تنش کم‌آبی منجر به افزایش هیدرولیز نشاسته و کاهش انتقال ساکارز شده و برگ با نگه‌داری و تولید قند غلظت قندهای تولیدکننده را حفظ می‌کند و از این قندها به عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در فرآیند تنظیم اسمزی استفاده می‌کند. قندها به صورت‌های گوناگون در تحمل خشکی در گیاهان شرکت می‌کند. قندها می‌توانند به عنوان متابولیت‌های سازگاری یا اسمولیت‌ها سبب تنظیم اسمزی شوند (Ingram and Bartles, 1996). هم‌چنین سبب پایداری غشا و پروتئین‌های در حال خشک شدن می‌گردند، بدین‌صورت که پایداری غشا از طریق جایگزین‌شدن آب موجود در غشای لیپیدی دو لایه صورت می‌گیرد و از متراکم‌شدن فسفولیپیدها جلوگیری کرده و هم‌چنین از پیوندهای نابجا بین پروتئین‌های غشایی جلوگیری می‌کنند. افزایش قندهای محلول در گیاهان تحت تنش در برقراری آماس و جلوگیری از پلاسمولیز مؤثر است و رابطه‌های مثبت و معنی‌داری بین تحرک قند در ساقه و تنظیم اسمزی مشاهده شده است (Munns and Weir, 2000). تنش موجب افزایش میزان قند محلول شده و تجمع قند محلول در حفظ پایداری غشای سلولی نیز تأثیر دارد. افزایش قندهای محلول در گیاهان تحت تنش باعث حفظ آماس سلولی و جلوگیری از پلاسمولیز می‌شود (Munns and Tester, 2008). برهمکنش تنش کم‌آبی و مصرف نیتروژن بر میزان پرولین معنی‌داری بود (α=٪۱، جدول ۲). بیش‌ترین مقدار پرولین در تنش شدید و مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۳ ب). همان‌طور که دیده می‌شود مقدار پرولین در تنش شدید با مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تنش متوسط با همان مقدار مصرف نیتروژن ۷۲ درصد افزایش یافت. در پژوهش‌های عباس‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) و Dehqanzadeh و همکاران (۲۰۰۸) در گندم، نیز به افزایش محتوی پرولین برگ در تنش کم‌آبی اشاره شده است. افزایش پرولین با کاهش فعالیت آنزیم نیترات ریداکتاز مربوط می‌باشد زیرا در تنش کم‌آبی متابولیسم نیتروژن تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Tejo and Santos Diaz, 1987). هم‌چنین تجمع ROS نیز می‌تواند منجر به افزایش پرولین در طی تنش شده و در نتیجه به حفظ چرخه انتقال الکترون در جریان فتوسنتز در کلروپلاست کمک کند. جلوگیری از فعالیت چرخه کالوین می‌تواند منجر به استفاده از ATP، NADPH و گلوتامات در مسیر تولید پرولین در کلروپلاست شود (Turkan, 2011). در نتیجه گیاه با تجمع پرولین در برابر تنش ایجاد شده مقاومت نشان می‌دهد.

از بین صفات مورد بررسی طول ساقه، وزن ساقه، وزن مخصوص ساقه، شاخص برداشت و وزن ۱۰۰ دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۳). در بین اجزاء عملکرد نیز وزن ۱۰۰ دانه بالاترین همبستگی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

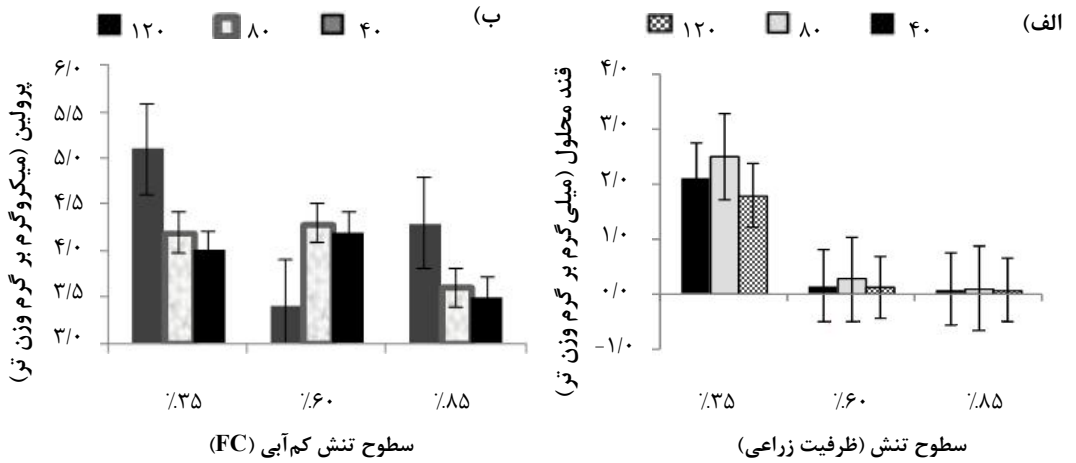
(r= ۰/۹۴۴) را با عملکرد دانه داشت، از سوی دیگر همبستگی بالای بین عملکرد و وزن دانه نشان می‌دهد کاهش رشد و تجمع مواد در بخش رویشی گیاه طی تنش خشکی کاهش عملکرد دانه را به دنبال داشته است. به عبارت دیگر کاهش ماده خشک تولیدی در تنش کمبود آب نمو زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. Jettner و همکاران (۱۹۹۹) عملکرد اقتصادی را تابعی از رشد رویشی و شاخص برداشت می‌دانند. پرولین و قند محلول همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۳). پرولین در مقایسه با سایر صفات مورد بررسی همبستگی کم‌تری را با عملکرد دانه داشت (r= -۰/۸۷۵). به نظر می‌رسد که اختصاص کربن بیش‌تر در ساختار متابولیت‌های سازگاری، هم‌چون پرولین می‌تواند باعث کاهش رشد نیز شود. بنابراین سنتز بیش‌تر پرولین در اثر افزایش خشکی ممکن است یکی از عوامل کاهش عملکرد نیز باشد. به نظر برخی از پژوهشگران تخریب نشاسته می‌تواند سبب افزایش مونوساکاریدها شود (During, 1992). افزایش قندهای محلول در گیاهان تحت تنش در برقراری آماس و جلوگیری از پلاسمولیز مؤثر است و رابطه‌های مثبت و مهم بین تحرک قند در ساقه و تنظیم اسمزی وجود دارد (Munns and Weir, 2000).



شکل ۲: اثر مصرف نیتروژن بر شاخص برداشت (الف)، وزن صد دانه (ب) و عملکرد دانه (ج) جوه بهاره تحت تنش کم‌آبی (با استفاده از آزمون LSD)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]



شکل ۳: اثر مصرف نیتروژن بر قند محلول (الف) و پرولین (ب) جو بهاره در تنش کم‌آبی (با استفاده از آزمون LSD)

جدول ۳: تجزیه همبستگی صفات مورد بررسی تحت تنش کم آبی و مصرف کود نیتروژن

صفات	طول ساقه	وزن ساقه	وزن مخصوص ساقه	شاخص برداشت	وزن صد دانه	عملکرد دانه	پرولین برگ	قند محلول
طول ساقه	۱							
وزن ساقه	۰/۸۱۷**	۱						
وزن مخصوص ساقه	۰/۹۱۹**	۰/۷۹۸**	۱					
شاخص برداشت	۰/۵۲۶	۰/۴۴۴	۰/۴۰۳	۱				
وزن ۱۰۰ دانه	۰/۸۴۶**	۰/۹۰۵**	۰/۹۰۴**	۰/۵۲۸*	۱			
عملکرد دانه	۰/۸۸۸**	۰/۸۰۰**	۰/۹۰۳**	۰/۶۷۸**	۰/۹۴۴**	۱		
پرولین	-۰/۸۳۷*	-۰/۷۱۸*	-۰/۹۱۴**	-۰/۴۲۱	-۰/۸۲۰	-۰/۸۷۵*	۱	
قند محلول	۰/۵۰۸	-۰/۶۲۷*	-۰/۶۳۲*	۰/۲۲۸	۰/۶۹۳	-۰/۵۷۸*	۰/۴۶۵**	۱

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

نتیجه‌گیری

عملکرد و اجزای عملکرد دانه با مصرف کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این افزایش در میزان عملکرد دانه به واسطه افزایش اجزای عملکرد مانند طول و وزن ساقه، وزن مخصوص ساقه، شاخص برداشت، وزن صد دانه صورت گرفت که این می‌تواند تحت اثر افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها باشد. نتایج نشان داد مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین اثر را بر این صفات داشت. هم‌چنین افزایش تنش کم‌آبی باعث کاهش این صفات شد. از سوی دیگر مشخص شد افزایش تنش کم‌آبی باعث افزایش میزان متابولیت‌های سازگاری پرولین و قند محلول شد. به نظر می‌رسد که اختصاص کربن بیش‌تر در ساختار متابولیت‌های سازگاری، هم‌چون پرولین می‌تواند باعث کاهش رشد شود. بنابراین سنتز بیش‌تر پرولین در اثر تنش کم آبی ممکن است یکی از عوامل کاهش عملکرد نیز باشد. اگرچه بیش‌ترین متابولیت‌های سازگاری در سطوح کم‌تر نیتروژن به دست آمد؛ بنابراین با توجه به اهداف تولید، مقدار کود ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در منطقه اردبیل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1393.6.24.3.9]

منابع

اردکانی، م.، عباس‌زاده، ب.، شریفی‌عاشورآبادی، ا.، لباسچی، ح. و پاک‌نژاد، ف. ۱۳۸۶. بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، فصلنامهٔ تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳ (۲): ۲۶۱-۲۵۱.

امام، ی. ۱۳۸۶. زراعت غلات .انتشارات مرکز نشر دانشگاه شیراز .۱۹۰ ص.

پاپری‌مقدم‌فرد، ا. و بحرانی، م.ج. ۱۳۸۴ . تأثیر کاربرد نیتروژن و تراکم بوته بر برخی ویژگی های زراعی کنجد. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۶: ۱۲۹-۱۳۵.

جهانبین، س. ۱۳۸۲. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد شاخص‌های مقاومت در ژنوتیپ‌های جو لخت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۴): ۱۰۷-۹۲.

چاکرالحسینی، م. ر. ۱۳۸۵. اثرات نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ در شرایط دیم نیمه‌گرمسیری. مجله علوم خاک و آب. ۲۰: ۴۹-۳۵.

سلیمانی، ر، ۱۳۸۷. اثر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای آن در گلرنگ بهاره. مجله علوم زراعی ایران. ۱۰: ۴۷-۵۹.

کوچکی، ع. حسینی م. نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۶. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد. ۵۶۰ ص.

عبادی، ع. ۱۳۷۸. بررسی جنبه‌های فیزیولوژیک افزایش عملکرد در یونجه‌های دیم. پایان‌نامه دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۴۲ ص.

عباس‌زاده، ب. شریفی، ا.، لباسچس، م.ح.، نادری، م. و مقدمی، ف. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، آب نسبی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). فصلنامه گیاهان دارویی و معطر. ۲۳ (۴): ۵۱۳-۵۰۴.

Abbadi, J., Gerendas, J. and Sattelmacher, B. 2008. Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower. Plant and Soil 306: 167-180.

Allen, R.D. 1995. Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiology 57: 1049-1054.

Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160:669-681.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

Bates, L.S. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil Environment 39:205–207.

Connor, D.J., and Sadras, V.O. 1992. Physiology of yield expression in sunflower. Field Crops Research 30: 333–389.

Dehqanzadeh, H., Khajehpour, M.R., Heidari Sharif Abad, H. and Soleimani, A.S. 2008. Effect of limited irrigation on the accumulation of proline, free soluble sugars and potassium in bread wheat cultivars. 10th Iranian Congress. of Agron and Plant Breeding Science 430p.

During, H. 1992. Evidence for osmotic adjusment to drought in grapevines (*Vitis vinifera* L.).Vitis 23: 1-10.

Gadallah, M. A. 2000. Effect of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. Journal of Arid Environment 44: 451-467.

Ingram, J. and Bartles, D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annu Rev Plant Phhysiology 47: 377-403.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Plant Physiology 84: 55-60.

Jamshidi Moghadam, M., Pakniat, H. and Farshadfar, E. 2007. Evaluation of drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines using agro-physiologic characteristics. Seed Plant 23: 325-342.

Jettner, R.J., Siddique, K.H.M., Loss, S.P. and French, R.J. (1999). Optimum plant density of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) increases with increasing yield potential in south-western Australia. Australian Journal of Agricultural Research 50: 1017–1025.

Kenan, U, Kill F, Gencoglan C and Merdan H, 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. Field Crops Research. 101:249-254.

Martin, M., Micell, F., Morgan, J.A., Scalet, M., Zebi, G. 1993. Synthesis of osmotically active substances in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. Journal Agron. Crop Science. 171: 176-184.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biology 59: 651-681.

Munns, R. and Weir, R., 2000. Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expanded zones of wheat leaves during mild water deficits at two light levels. Australian Journal of Plant Physiology 8: 93-105.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]

Omidy Ardalany, G.A and Bahraini, M.A. 2010. Effects of water stress, nitrogen levels and application times on yield and Yield of sunflower at different growth stages. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences 55:199-207.

Patger, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of *phragmites australis* to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.

Rajala, A., Hakala, K., Makela, P., Muurinen, S. and Peltonen- Sainio, P. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research 11: 56-69.

Samarah, N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy Sustain Develop 25: 145- 149.

Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Ternorio, J.L., Ayerbe, L. and De Andres, E.F. 1998. Turgor maitenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Research 59: 225-235.

Sanjari, P.A. and Yazdansepas, A. 2008. Mobilization of dry matter and its relation with drought stress in wheat genotypes. Journal of Agricultural science and technology11 (2): 121-129.

Singh, T.P. and Singh, R.P. 1994. Effect of rates and methods of nitrogen application on biomass and tuber production of potato. Crop Res. Hisar. 8: Siddiqui, M.H., and Oad, F.C. 2006. Nitrogen requirement of safflower (*Carthamus tinictorius* L.) for growth and yield traits. Australian Journal of plant Science 5: 563-565.

Soltani, A., Torabi, B. and Zarei, H. 2005. Modeling crop yield using a modified harvest index– based approach: application in chickpea, Field crops research. 91: 273-285.

Tejo, P.A. and Santos Diaz, M. 1987. Nodule and leaf nitrate reductase and nitrogen fixation in Medicago sativa L. under water stress. Plant Physiology 69: 479-482.

Turkan, I. 2011. Plant responses to drought and salinity stress, Development in a post-genomic era. Advances in Botanical Research 593p.

Turner, N.C. and Jones, M.M. 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and evaluation. *In*: Turner, N.C. and Kramer, P.J. (Eds.), Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. Wiley– Inter-scie. New York, NY. pp. 87–103.

Zarabi, M., Alahdadi, I., Abbas-Akbari, Gh., Iran- Nejad, H. and Ali-Akbari, Gh. 2010. Reduction of drought stress effects on yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L.) using mixed bio fertilizers and phosphorus. Journal of Crops Improvement 2: 37-50.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.24.3.9]