



## به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۸

صفحه‌های ۱۹۳-۱۸۱

### اثر سامانه هیدروژلی کند رهای حاوی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک جو تحت تنش کم‌آبی

شیوا اکبری<sup>۱</sup>، ایرج اله‌دادی<sup>۲\*</sup>، مجید قربانی‌جاوید<sup>۳</sup>، کوروش کبیری<sup>۴</sup>، الیاس سلطانی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۲. استاد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۳. استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۴. دانشیار، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸

#### چکیده

به‌منظور بررسی اثر سامانه هیدروژلی کند رهای حاوی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک جو تحت تنش کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران، انجام شد. ترکیب سطوح فاکتوریل به‌صورت عامل کودی حاوی نیتروژن از منبع اوره در پنج سطح عدم کاربرد کود نیتروژن، معادل ۱۲۵ و ۶۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت فاقد و دارای سامانه هیدروژلی و عامل تنش کم‌آبی در سه سطح ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بودند. کم‌آبی سبب کاهش عملکرد دانه و عملکرد زیستی، اجزای عملکرد، محتوی نسبی آب و شاخص تغییرات SPAD شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در گلدان (۴۱/۹ گرم) مربوط به مقدار بیش‌تر نیتروژن در قالب سامانه کندرها بود و بین مقدار این صفت در میزان بیش‌تر نیتروژن فاقد هیدروژل (۴۱/۵ گرم) و در مقدار کمتر نیتروژن در قالب سامانه کندرها (۳۹/۱ گرم) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در اکثر صفات، بین تیمارهای دارای سامانه هیدروژلی و تیمار مقدار بیش‌تر نیتروژن فاقد هیدروژل، تفاوت معنی‌داری نبود. در تنش، استفاده از سامانه هیدروژلی کندرها در هر دو مقدار نیتروژن توانست عملکرد زیستی و شاخص تغییرات کلروفیل SPAD مطلوب‌تری را حاصل نماید. کاربرد نیتروژن به‌صورت سامانه کودی کندرها، به‌خصوص در شرایط تنش، به استفاده نیتروژن فاقد سامانه هیدروژلی، برتری داشت.

**کلیدواژه‌ها:** رطوبت ظرفیت زراعی، شاخص کلروفیل، عملکرد زیستی، کود نیتروژن، محتوی نسبی آب.

### The Effect of Slow Release Urea-Containing Hydrogel Complex on Yield, Yield Components, and Physiological Traits of Barley under Water Deficit Stress

Shiva Akbari<sup>1</sup>, Iraj Alahdadi<sup>2\*</sup>, Majid Ghorbani Javid<sup>3</sup>, Kourosh Kabiri<sup>4</sup>, Elias Soltani<sup>3</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

2. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.

4. Associate Professor, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran.

Received: February 18, 2019

Accepted: May 8, 2019

#### Abstract

In order to study the effect of slow release hydrogel-urea complex (SRHUC) on yield, yield components, and physiological traits of barley under water deficit, the present study conducts an experiment between 2017 and 2018. Carried out as factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD), the experiment contains three replications and takes place in the greenhouse at Aburaihan Campus, University of Tehran. The combination of factorial levels are as fertilization factor with nitrogen (N) from urea source in five levels of no nitrogen utilization, use of 125 and 65 kg.ha<sup>-1</sup> N without SRHUC (as CU-N<sub>125</sub> and CU-N<sub>65</sub>), and use of 125 and 65 kg.ha<sup>-1</sup> N with SRHUC (as SRHUC-N<sub>125</sub> and SRHUC-N<sub>65</sub>) along with water deficit factor, represented by three levels of 70%, 50%, and 30% of FC. Results show that water deficit has decreased yield and yield components of RWC and SPAD and that the highest grain yield in a pot belongs to SRHUC-N<sub>125</sub> (41.9 g) without any significant difference between CU-N<sub>125</sub> (41.5 g) and SRHUC-N<sub>65</sub> (39.1 g). In case of the majority of traits, there has been no significant difference among SRHUC-N<sub>125</sub>, SRHUC-N<sub>65</sub>, and CU-N<sub>125</sub>. Finally, under the stress, utilization of SRHUC for both N amount could generate better biological yield and SPAD index, making the use of N in form of SRHUC preferable to its use without SRHUC, especially under stressed conditions.

**Keywords:** Biological yield, field capacity, nitrogen fertilizer, relative water content, SPAD index.

## ۱. مقدمه

جو<sup>۱</sup> با نام علمی *Hordeum vulgare* L. گیاهی دیپلوئید (2n=14) و روزبلند است (Khajehpour, 2014). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ میزان تولید جو حدود ۱۶/۶۲ درصد از تولید غلات برابر با ۳۷۲۴۳۹۸ تن بوده است که پس از گندم بیشترین محصول غله را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al., 2017). مصرف نیتروژن زیاد، موجب ورس و کاهش عملکرد می‌شود، اما باعث افزایش پروتئین دانه جو و بهبود کیفیت آن خواهد شد (Majnon Hosseini, 2011). گزارش شده است که فراهم‌بودن مواد غذایی برای گیاه جو در مرحله ساقه‌رفتن، بسیار بر پتانسیل عملکرد گیاه اثرگذار است. در این مرحله پتانسیل حداکثر تعداد گلچه و متعاقباً حصول حداکثر پتانسیل عملکرد تعیین می‌شود (Dugdale et al., 2013). جو به‌طور نسبی به کمبود آب مقاوم است، اما این گیاه در مراحل میانی و انتهایی دوره رشد و نمو خود به کمبود آب حساس است و حداکثر پتانسیل عملکرد جو در مرحله طویل‌شدن ساقه تعیین می‌شود. در نتیجه تنش خشکی در این مرحله بر عملکرد گیاه بسیار اثرگذار است (Dugdall et al., 2012). از مهم‌ترین عواملی که سبب کاهش عملکرد جو می‌شود می‌توان کمبود عناصر غذایی خاک، آبشویی و خشکی را نام برد (Tigre et al., 2014). نیتروژن از عناصر پر مصرف لازم برای رشد و نمو گیاهان زراعی می‌باشد و رابطه بسیار نزدیکی با عملکرد دارد. افزودن کودهای نیتروژن می‌تواند در افزایش عملکرد دانه و محصول مؤثر باشد (Zhen et al., 2017). کمبود نیتروژن یکی از عوامل محدودیت در رشد گیاه است (Krouk et al., 2010). جذب نور و تشعشع فعال فتوسنتزی، تخصیص ماده خشک به بخش‌های مختلف گیاهی توسط مقدار نیتروژن تحت تأثیر قرار می‌گیرد

(Azarpour et al., 2014). کمبود نیتروژن و آسیمپلات‌های در دسترس موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه می‌شود و عملکرد دانه در شرایط مصرف بیش‌تر نیتروژن در حد مطلوب به مراتب بیش‌تر از شرایط کمبود این عنصر است (Seyed Sharifi et al., 2018). با توجه به صرفه اقتصادی در کشاورزی و جلوگیری از اثرات منفی آلودگی‌های زیست‌محیطی مصرف نیتروژن همانند حضور نیترات در منابع آبی و یا گازهای گلخانه‌ای، سبب معطوف‌شدن توجه بیش‌تری برای مصرف بهینه این نهاده در کشاورزی شده است و البته در برخی پژوهش‌ها نشان داده شده است که کاربرد نیتروژن بیش‌تر، سبب تولید عملکرد بالاتری می‌شود اما این روند خطی نیست زیرا گاهی هزینه‌های مورد نیاز برای فراهم‌آوری کود نیتروژن در مقایسه با صرفه اقتصادی افزایش عملکرد دارای توجیه اقتصادی نمی‌باشد (Hawkesford, 2014). بیش‌تر محصولات زراعی تنها حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از کودهای نیتروژن مصرفی را می‌توانند جذب نمایند (Han et al., 2016). بنابراین، باید برای استفاده کارآمدتر از کودهای نیتروژن تمهیدی اندیشیده شود که یکی از این راه‌کارها کاربرد کودهای نیتروژن کندرها می‌باشد. کاربرد اوره با رهایش کنترل‌شده و یا کندرها، یک گزینه مطلوب برای کاهش اتلاف نیتروژن می‌باشد و این نوع کودها می‌توانند اتلاف نیتروژن را از طریق افزودن برخی ترکیبات به اوره و یا از طریق پلیمریزاسیون اوره کاهش دهند و به این ترتیب کودهای کندرها اثر مفیدی بر تولیدات زراعی دارند (Yang et al., 2017). هم‌چنین، این ترکیبات می‌توانند اثر نیتروژن را در ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه بهبود بخشند. نیتروژن در میزان کلروفیل برگ نقش به‌سزایی دارد. گزارش شده است که شاخص تغییرات کلروفیل SPAD<sup>۲</sup> در صورت کاربرد کود

## 1. Barley

## 2. Soil-Plant Analysis Development

زمینه کودها و عناصر غذایی گیاهان هستند که برای تنظیم مصرف آب و عناصر غذایی به صورت گسترده‌ای در حال بررسی هستند (He *et al.*, 2007).

با توجه به اهمیت مصرف کود نیتروژن در افزایش عملکرد گیاه زراعی جو و ضرورت بهبود جذب این عنصر کلیدی در شرایط تنش خشکی، این پژوهش با هدف ساخت و بررسی اثرات سامانه جدید هیدروژلی کند ره‌ای غنی‌شده با اوره در راستای افزایش جذب و بهره‌وری از عنصر پرمصرف نیتروژن و تأثیر آن بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک گیاه جو، انجام گردید.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه پژوهشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام پذیرفت که نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد و برای هر تیمار در هر تکرار، پنج گلدان در نظر گرفته شد. ترکیب سطوح فاکتوریل به صورت عامل کود نیتروژن در پنج سطح و عامل تنش کم‌آبی در سه سطح بود. سطوح عامل کودی عبارت از "عدم کاربرد کود نیتروژن، کود نیتروژن از منبع اوره معادل ۱۲۵ و ۶۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (فاقد سامانه هیدروژلی کند ره‌ا) و سامانه هیدروژلی کند ره‌ای حاوی اوره معادل ۱۲۵ و ۶۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار" بود. سطوح تنش کم‌آبی به صورت ۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ (آبیاری مطلوب) درصد رطوبت ظرفیت زراعی بود که تیمارهای تنش کم‌آبی پس از رسیدن رطوبت خاک به سطوح مورد نظر آبیاری شده و آبیاری تیمارها هر بار تا حد شاهد (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) انجام می‌پذیرفت.

اوره کند ره‌ا، در مقایسه با تیمارهای اوره متداول و عدم کاربرد اوره در برگ پرچم گیاه برنج بیش‌تر بوده است (Wang *et al.*, 2018).

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدودکننده رشد و نمو گیاهان در سراسر جهان است و کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیش‌تر از سایر تنش‌های محیطی است (Akbari *et al.*, 2017). در پاسخ به تنش کم‌آبی، گیاه در ابعاد مختلف تغییراتی اعمال می‌نماید که استرین<sup>۱</sup> نام دارد. برخی پژوهش‌ها حاکی از قابل اطمینان بودن تغییرات محتوی نسبی آب (RWC)<sup>۲</sup> و شاخص تغییرات کلروفیل SPAD، به عنوان بررسی شاخص تحمل به خشکی می‌باشند و تنش می‌تواند این عوامل را کاهش دهد (Mousavifar *et al.*, 2011). یکی از راه‌کارهای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، کم‌آبیاری می‌باشد که عبارت است از مصرف کمتر آب به نحوی که عملکرد گیاه زراعی کاهش نیابد و سبب استفاده بهتر و بهینه از هر واحد آب آبیاری گردد (Ghaemi & Zamani, 2014).

هیدروژل‌ها، پلیمرهای آبدوستی هستند که به سبب توانایی جذب و نگهداری مقادیر زیادی از آب به مقدار چند برابر وزن اولیه خود، حائز اهمیت می‌باشند (Montesano *et al.*, 2015). خاک‌های غنی‌شده با هیدروژل به علت سرعت پایین‌تر تخلیه آب از آن‌ها، کم‌تر با محدودیت آب در دسترس گیاه در طول دوره رشدی، مواجه می‌شوند (Baran *et al.*, 2015). از روش‌های معمول جهت ره‌ایش آهسته اوره، پوشش‌دار کردن آن توسط ترکیبات پلیمری می‌باشد که سبب افزایش مدت زمان ره‌ایش اوره و ارتقای بهره‌وری نیتروژن می‌گردد (Xiao *et al.*, 2016). پلیمرهای هیدروژلی کند ره‌ای غنی‌شده با عناصر، یکی از شاخه‌های جدید تحقیقاتی در

1. Strain
2. Relative water content

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک	نیترژن کل (%)	pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک
۲۸۶/۶	۱۳/۲	۵۶	۳۲	۱۲	لوم شنی	۰/۰۴	۷/۹۲	۱/۶۶	

رسیدگی برداشت در اواسط اردیبهشت‌ماه سال ۹۷ انجام شد و صفات وزن صددانه، تعداد و وزن دانه‌های سنبله، طول پدانکل، قطر سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله در گلدان، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. بوته‌های برداشت‌شده در هر گلدان توسط ترازوی دیجیتالی توزین شدند و به‌عنوان عملکرد زیستی ثبت و سپس وزن کل دانه‌های موجود در یک گلدان به‌عنوان عملکرد دانه محاسبه شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی ضرب در ۱۰۰ به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل SPAD، در مرحله گلدهی از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502, Konica Minolta, Japan) استفاده گردید. محتوی نسبی آب (RWC) پس از تهیه دیسک از برگ پرچم مطابق معادله ۱ در مرحله گلدهی سنجش شد (Akbari et al., 2017).

$$\text{RWC} = \frac{(FW - DW)}{TW - DW} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن آماس می‌باشد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (نسخه 9.1) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسات میانگین از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام شد و مقایسه میانگین‌ها توسط دستور lsmeans صورت گرفت.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. طول سنبله، قطر سنبله و طول پدانکل

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کود نیترژن بر طول سنبله و

تنش کم‌آبی در اواسط مرحله طویل‌شدن ساقه اعمال شد و تا آخرین مرحله آبیاری که چند روز پیش از برداشت بود، ادامه یافت. تعیین میزان رطوبت خاک بر اساس تعیین میزان پتانسیل آب خاک صورت می‌گرفت (Saxton et al., 1986; Saxton & Rawls, 2006). تقسیط اول تیمارهای کودی ذکرشده در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفت و مقدار باقیمانده در تقسیط دوم به‌صورت کود سرک در اواسط مرحله طویل‌شدن ساقه، کمی قبل از اعمال تیمار تنش، مورد کاربرد قرار گرفت. سامانه کودی کند رها، در آزمایشی جداگانه از طریق بارگذاری کود اوره با میزان مشخص در ساختار هیدروژل کشاورزی کند رها، طی مراحل خاص در آزمایشگاهی در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران و آزمایشگاه مرکزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران تولید گردید. برای کاشت از بذور جو رقم جدید گوهران (متحمل به خشکی آخر فصل)، تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، استفاده شد. در هر گلدان (ارتفاع گلدان ۲۵ × قطر گلدان ۲۰)، ۱۱ بذر در اواسط آبان‌ماه کشت شد و پس از تنک‌کردن ۹ گیاهچه در هر گلدان باقی ماند. بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش تبوکونازول<sup>۱</sup> ضدعفونی شدند. در اواخر پنجه‌زنی به تمامی گلدان‌ها به مقدار یکسان، در دو روز مجزا، کود فسفات پتاس به میزان معادل یک‌ونیم لیتر در هزار لیتر آب و کود ترکیبی عناصر میکرو به مقدار معادل یک لیتر در هزار لیتر آب، داده شد. نمونه‌برداری جهت ارزیابی عملکرد نهایی و اجزای عملکرد در زمان

1. Tebuconazole

اثر سامانه هیدروژلی کند ره‌ای حاوی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک جو تحت تنش کم‌آبی

کمبرود نیتروژن، تقسیم و گسترش سلولی را محدود می‌سازد (Basra et al., 2014). تنش کم‌آبی در سطح ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌داری در طول پدانکل و طول سنبله نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). بررسی اثر متقابل نشان داد که در هر سطح تنش کم‌آبی به‌صورت جداگانه، نیتروژن به تنهایی در بیش‌ترین مقدار تیمارهای دارای سامانه کند ره‌ا در هر دو مقدار زیاد و کم نیتروژن، بالاترین اندازه طول سنبله را ایجاد نمودند. اما نیتروژن معادل ۶۵ کیلوگرم در هکتار بدون سامانه کند ره‌ا و عدم کاربرد کود سبب افت معنی‌دار اندازه این صفت گردیدند (جدول ۵). این امر نشان می‌دهد که کاربرد مقدار کمتر کود نیتروژن در قالب سامانه کند ره‌ا در شرایط تنش کم‌آبی، توانست سبب بهره‌وری مطلوب‌تر از کود نیتروژن شود و اثر تنش خشکی را نیز کاهش دهد و میزان این صفت را در این مقدار کودی با سطوح بیش‌تر کود نیتروژن یکسان نگاه دارد. گزارش شده است که تنش کم‌آبی در رابطه با گیاه گندم نیز سبب کاهش معنی‌داری در طول سنبله گردید و تحت شرایط تنش، کاربرد مقدار بیش‌تر کود نیتروژن، سبب حصول طول سنبله بیش‌تری نسبت به مقدار کمتر کود نیتروژن و عدم کاربرد نیتروژن گردید (Agami et al., 2018).

قطر سنبله و طول پدانکل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. قطر سنبله تحت تأثیر تیمارهای تنش کم‌آبی قرار نگرفت. اما اثر تیمارهای تنش بر طول سنبله و طول پدانکل و اثر متقابل تنش و تیمارهای کودی در سطح یک درصد بر طول سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). نیتروژن در بیش‌ترین مقدار بدون هیدروژل و تیمارهای دارای سامانه کند ره‌ا در هر دو مقدار زیاد و کم نیتروژن، توانستند بیش‌ترین طول و قطر سنبله را حاصل نمایند اما مقدار نیتروژن معادل ۶۵ کیلوگرم در هکتار فاقد سامانه هیدروژلی و عدم کاربرد کود سبب افت معنی‌دار اندازه این صفات گردیدند (جدول ۳). بنابر این نتایج سامانه کودی کند ره‌ا حتی با مقدار کم‌تر نیتروژن توانسته است مانند مقادیر بیش‌تر کود نیتروژن در قالب اوره به تنهایی و یا در قالب سامانه کند ره‌ا، سبب حصول مقادیر بالای این صفات شود. گزارش شده است که استفاده از کود کند ره‌ای اوره در مقایسه با کود اوره متداول سبب افزایش قطر میوه گردید (Li et al., 2017). بیش‌ترین و کمترین طول پدانکل به‌ترتیب مربوط به تیمار کودی معادل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در قالب سامانه هیدروژلی کند ره‌ا (۱۹/۱۱ سانتی‌متر) و عدم کاربرد کود نیتروژن (۱۴/۰۲ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). گزارش شده است که نیتروژن سبب افزایش طول پانیکل در کینوا شد و

جدول ۲. تجزیه واریانس مقادیر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک جو تحت اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و تنش کم‌آبی

میانگین مربعات															
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول سنبله	قطر سنبله	طول پدانکل	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه‌های سنبله	وزن دانه‌های گلدان	تعداد سنبله در گلدان	وزن صدانه	عملکرد دانه	عملکرد زمینی	پژداشن	شاخص پژداشن	مغزای نسبی	شاخص کلروفیل SPAD
تکرار	۲	۰/۲۳	۰/۸۲	۵/۹۴	۱۱۲/۲۹	۰/۲۱	۱۱/۵۱	۰/۰۷	۲۲۰/۰۲	۲۷۲۵/۵۹	۵۹/۰۴	۲۵/۷۷	۱/۳۸		
کود نیتروژن	۴	۴/۸۱**	۱/۸۸**	۳۷/۲۵**	۷۴۰/۹۷**	۰/۸۸**	۱۷۹/۹۹**	۰/۱۵**	۴۲۵/۱۶**	۲۵۹۱/۴۳**	۲۲/۲۱ <sup>ns</sup>	۱۰۳/۶۲ <sup>ns</sup>	۱۰۹/۰۹**		
تنش کم‌آبی	۲	۱/۴۶**	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۹/۸۳**	۸۶/۸۲**	۱/۳۸**	۴۸/۰۱**	۰/۳۴**	۱۱۷/۲۱**	۱۰۴۰/۶۵**	۱۱/۲۰ <sup>ns</sup>	۲۷۰۸/۷۳**	۲۵/۵۱**		
کود×کم‌آبی	۸	۰/۵۰**	۰/۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۴ <sup>ns</sup>	۲۱/۸۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۸**	۵/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۸/۳۹ <sup>ns</sup>	۱۱۶/۱۴*	۱۷/۷۸ <sup>ns</sup>	۱۲۵/۲۵*	۱/۸۵*		
خطای آزمایشی	۲۸	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۳۱	۱۳/۶۸	۰/۰۵	۳/۴۰	۰/۰۲	۷/۳۰	۴۳/۸۷	۱۵/۳۱	۴۹/۴۵	۰/۶۶		
CV (%)		۴/۴۳	۳/۸۸	۳/۳۴	۹/۶۹	۱۳/۶۱	۶/۶۶	۲/۸۶	۷/۴۴	۷/۲۶	۹/۷۲	۸/۹۱	۲/۲۸		

\*\*، \* و ns به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال (P≤۰/۰۱) و (P≤۰/۰۵) و نبود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۳. مقایسات میانگین صفات عملکرد، اجزای عملکرد و مشخصه فیزیولوژیک جو در سطوح مختلف کود نیتروژن

شاخص	عملکرد زیستی (g pot <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (g pot <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه	وزن صدانه (g)	تعداد سنبله	تعداد سنبله در گلدان	وزن دانه‌ها	وزن دانه در سنبله (g)	تعداد دانه در سنبله	طول پدانکل (cm)	قطر سنبله (mm)	طول سنبله (cm)	کود نیتروژن
SPAD	۳۰/۹۱±۰/۲۳e	۲۵/۶۳±۱/۰۷d	۴/۴۴±۰/۰۳۲c	۲۰/۸۱±۰/۰۵۷d	۱/۳۸±۰/۱۰۰Ab	۳۶/۵۰±۱/۷۸c	۱۴/۰۲±۰/۲۴۷d	۱۱/۷۰±۰/۲۰۳b	۵/۵۷±۰/۲۱۸b	N1			
	۳۶/۲۳±۰/۴۰c	۴۱/۰۵±۱/۰۹Ab	۴/۷۱±۰/۰۵۲a	۳۰/۰۵±۰/۰۸۱Ab	۱/۸۷±۰/۱۰۹Ab	۴۶/۸۳±۲/۲۲a	۱۷/۷۱±۰/۴۳b	۱۲/۳۹±۰/۱۷۲a	۶/۹۰±۰/۱۷۰a	N2			
	۳۹/۵۱±۰/۶۲a	۴۱/۰۹±۲/۰۷a	۴/۷۵±۰/۰۵۴a	۳۰/۸۹±۱/۱۶Ab	۲/۰۷±۰/۱۰۴a	۴۵/۸۳±۱/۲۱a	۱۹/۱۱±۰/۲۴۴a	۱۲/۲۴±۰/۱۶۳a	۶/۹۴±۰/۱۵۵a	N3			
	۳۳/۷۹±۰/۶۰d	۳۳/۴±۱/۱۲c	۴/۵۷±۰/۱۱b	۲۵/۷۸±۰/۶۳۰c	۱/۳۹±۰/۰۴۸b	۳۰/۳۹±۱/۵۰b	۱۵/۳۳±۰/۳۶۱c	۱۱/۴۰±۰/۰۹۱b	۵/۵۵±۰/۰۶۰b	N4			
	۳۸/۳۷±۰/۴۹b	۳۹/۱±۱/۶b	۴/۷۱±۰/۱۱b	۲۹/۰±۰/۰۸۷b	۱/۸۵±۰/۱۱۶a	۴۵/۳۹±۱/۲۲a	۱۷/۵۷±۰/۳۴۳b	۱۲/۳۵±۰/۱۹۸a	۶/۸۵±۰/۱۷۳a	N5			

N1= فاقد کود نیتروژن، N2 = معادل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن فاقد هیدروژل، N3 = معادل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دارای سامانه هیدروژلی کند رها، N4 = معادل ۶۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دارای سامانه هیدروژلی کند رها، N5 = معادل ۶۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دارای سامانه هیدروژلی کند رها. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

جدول ۴. مقایسات میانگین صفات اجزای عملکرد در سطوح مختلف تنش کم‌آبی

تنش کم‌آبی	طول سنبله (cm)	طول پدانکل (cm)	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه‌ها در سنبله (g)	تعداد سنبله در گلدان	وزن دانه ۱۰۰ (g)
S1	۶/۵۶۷ ± ۰/۲۷۵ a	۱۷/۵۹۷ ± ۰/۵۴۷ a	۲/۶۲۰ ± ۰/۹۶۷	۴/۰۹۶۲ ± ۰/۱۵۲ a	۲۸/۷۳ ± ۱/۴۱۲ a	۴/۸۰۳ ± ۰/۰۶۵ a
S2	۶/۵۲۷ ± ۰/۱۵۹ a	۱۶/۶۷۳ ± ۰/۵۱۷ b	۳/۶۶۷ ± ۰/۷۵۴ b	۱/۶۴۳ ± ۰/۰۸۶ b	۳۷/۷۷ ± ۱/۰۷۲ a	۴/۶۱۸ ± ۰/۰۴۰ b
S3	۶/۰۰۷ ± ۰/۱۵۱ b	۱۵/۹۸۳ ± ۰/۵۰۳ c	۳/۸۳۳ ± ۱/۸۴۲ b	۱/۴۵۷ ± ۰/۰۵۰ c	۲۵/۲۷ ± ۱/۰۲۱ b	۴/۵۰۳ ± ۰/۰۳۵ c

S1 و S2، بدترتیب ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

اثر سامانه هیدروژلی کند ره‌ای حاوی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک جو تحت تنش کم‌آبی

جدول ۵. مقایسات میانگین صفات اندازه‌گیری شده تحت اثر متقابل کود نیتروژن و تنش کم‌آبی

تنش کود	طول سنبله (cm)	وزن دانه‌ها در سنبله (g)	عملکرد زیستی (g.pot <sup>-1</sup> )	RWC (%)	شاخص کلروفیل SPAD
N1	۵/۰۳۳±۰/۰۳۳c	۱/۴۳۳±۰/۲۷۶c	۶۹/۶۷±۵/۲۷۰ d	۸۸/۲۱±۲/۹۰۵ a	۳۱/۳۷±۰/۵۰۴ e
N2	۷/۴۳۳±۰/۱۸۶a	۲/۵۹۰±۰/۱۸۵a	۱۲۰/۴۸±۴/۹۶۱ a	۸۷/۴۳±۱/۷۷۱ a	۳۷/۴۷±۰/۱۴۵ c
N3	۷/۴۰۰±۰a	۲/۵۶۳±۰/۱۹۰a	۱۰۹/۶۲±۴/۰۹۲ ab	۸۸/۴۶±۱/۴۹۱ a	۴۱/۷۳±۰/۷۶۷ a
N4	۵/۶۶۷±۰/۰۸۸b	۱/۵۲۳±۰/۰۱۹c	۹۴/۰۵±۱۰/۶۹۷ c	۸۸/۷۱±۳/۶۱۹ a	۳۵/۳۳±۰/۰۸۸ d
N5	۷/۳۰۰±۰/۱۵۳a	۲/۱۴۰±۰/۲۲۶b	۱۰۷/۴۹±۱۲/۶۴۷ b	۸۵/۸۱±۲/۴۸۳ a	۳۹/۳۰±۰/۷۳۷ b
N1	۶/۳۰۰±۰/۱۵۳b	۱/۳۶۷±۰/۲۴۷b	۶۶/۰۰±۱۰/۰۹۷ c	۹۲/۳۲±۱/۷۳۳ a	۳۰/۹۰±۰/۳۰۶ d
N2	۶/۹۰۰±۰/۱۵۳a	۱/۷۰۳±۰/۰۸۸ab	۹۴/۵۱±۶/۷۴۱ b	۸۵/۴۱±۲/۲۰۲ ab	۳۶/۱۰±۰/۳۵۱ b
N3	۶/۹۶۷±۰/۱۲۰a	۱/۹۳۷±۰/۱۰۲a	۱۰۶/۳۹±۳/۹۶۸ a	۸۸/۹۸±۱/۷۹۹ ab	۳۸/۶۷±۰/۶۰۱ a
N4	۵/۵۶۷±۰/۰۳۳c	۱/۳۴۳±۰/۰۷۹b	۷۶/۶۳±۹/۹۰۴ c	۷۷/۲۶±۷/۴۱۵ b	۳۴/۴۷±۰/۰۸۸ c
N5	۶/۹۰۰±۰/۳۲۱a	۱/۸۶۳±۰/۱۳۶a	۱۰۵/۵۲±۱۲/۵۹۲ ab	۸۴/۲۲±۴/۳۴۳ ab	۳۸/۹۳±۰/۵۳۶ a
N1	۵/۴۰۰±۰/۳۴۶b	۱/۳۴۰±۰/۰۲۱ab	۶۲/۴۹±۱۱/۰۶۶ c	۶۶/۷۲±۳/۲۵۲ a	۳۰/۴۷±۰/۲۹۱ c
N2	۶/۳۶۷±۰/۰۶۷a	۱/۳۳۰±۰/۰۲۶b	۸۷/۶۴±۵/۲۹۰ a	۴۷/۴۷±۱/۱۴۹ b	۳۵/۱۳±۰/۶۳۶ b
N3	۶/۴۶۷±۰/۲۳۳a	۱/۷۲۳±۰/۰۲۸a	۹۶/۷۳±۵/۹۹۵ a	۶۵/۱۳±۰/۵۵۳ a	۳۸/۱۳±۰/۳۱۸ a
N4	۵/۴۳۳±۰/۱۴۵b	۱/۳۲۰±۰/۰۹۱b	۷۳/۵۹±۷/۹۷۲ b	۷۰/۹۷±۱۰/۴۲۶ a	۳۱/۵۷±۰/۶۳۶ c
N5	۶/۳۶۷±۰/۱۲۰a	۱/۵۷۳±۰/۱۰۷ab	۹۸/۵۵±۱۰/۰۰۲ a	۶۷/۰۸±۰/۶۸۳ a	۳۶/۸۷±۰/۵۲۱ a

N1 = فاقد کود نیتروژن، N2 = معادل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن فاقد سامانه هیدروژلی، N3 = معادل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دارای سامانه هیدروژلی کند ره‌ا، N4 = معادل ۶۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن فاقد سامانه هیدروژلی، N5 = معادل ۶۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دارای سامانه هیدروژلی کند ره‌ا. S1 = ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (آبیاری مطلوب)، S2 = ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، S3 = ۳۰ درصد ظرفیت زراعی. در هر ستون و هر سطح تنش کم‌آبی، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس برش‌دهی اثر متقابل (slicing interaction) در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

در هکتار نیتروژن در قالب سامانه هیدروژلی کند ره‌ا و تیمار کودی معادل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدون سامانه هیدروژلی بود (جدول ۳). گزارش شده است که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن سبب افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در سنبله در مقایسه با تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن گردید (Safari et al., 2017). کاربرد سامانه هیدروژلی توانست حتی در مقدار کمتر کود نیتروژن، اندازه‌های این ویژگی‌ها را مانند کاربرد مقادیر بیش‌تر کود نیتروژن بالا نگاه دارد و سبب افزایش بهره‌وری کود نیتروژن شود. استفاده از کود اوره کند ره‌ا در مقایسه با اوره متداول و عدم کاربرد اوره، سبب افزایش ۸/۵ و ۳۷/۵ درصدی تعداد دانه در بلال ذرت و افزایش گلچه در

می‌توان گفت که کاربرد مقدار کمتر نیتروژن در قالب سامانه کند ره‌ا در شرایط تنش کم‌آبی، توانست سبب بهره‌وری مطلوب‌تر کود نیتروژن شود و اثر کم‌آبی را نیز کاهش دهد و میزان این صفت را در این مقدار کودی با سطوح بیش‌تر کود نیتروژن یکسان نگاه دارد.

### ۳.۲. تعداد دانه در سنبله و وزن دانه‌ها در سنبله

اثر کود نیتروژن و اثر تنش کم‌آبی بر تعداد دانه در سنبله و وزن دانه‌ها در سنبله در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل کود نیتروژن و کم‌آبی نیز بر وزن دانه‌ها در سنبله در سطح یک درصد معنی‌دار گشت (جدول ۲). بیش‌ترین مقادیر این صفات مربوط به کود معادل ۱۲۵ و ۶۵ کیلوگرم

سطح یک درصد بر هر دو ویژگی معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمارهای بیش‌ترین مقدار نیتروژن فاقد سامانه هیدروژلی و دارای سامانه هیدروژلی، سبب حصول بالاترین تعداد سنبله گردیدند، پس از آن‌ها تیمار مقدار کمتر نیتروژن در قالب سامانه هیدروژلی بیش‌ترین تعداد سنبله را دارا بود. کم‌ترین مقدار این صفت نیز مربوط به عدم کاربرد کود نیتروژن بود (جدول ۳). گزارش‌های مشابهی وجود دارد که نشان می‌دهد کاربرد اوره کند رها در مقایسه با اوره متداول و عدم کاربرد اوره توانسته است تعداد خوشه را در گیاه برنج افزایش دهد (Wang et al., 2018). تعداد سنبله در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تفاوت معنی‌داری با این تعداد در سطح آبیاری مطلوب نداشت و در هر دو تیمار آبیاری این تعداد در بالاترین میزان قرار داشت. اما با افزایش تنش به ۳۰ درصد ظرفیت زراعی این ویژگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). تعداد سنبله به‌طور معنی‌داری توسط کمبود آب در مرحله طول‌شدن ساقه تحت تأثیر قرار گرفت (AI- (Ajlouni et al., 2016). وزن صدانه در تیمارهای بیش‌ترین مقدار کود نیتروژن فاقد و دارای سامانه هیدروژلی و تیمار کمتر کود نیتروژن دارای سامانه هیدروژلی، دارای تفاوت معنی‌داری نبودند و در هر سه تیمار دارای بیش‌ترین میزان بودند، کمترین مقدار این ویژگی نیز (۴/۴۱) گرم) مربوط به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن بود (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که کاربرد سامانه هیدروژلی کند رها، حتی با استفاده از مقادیر کمتر نیتروژن می‌تواند سبب حصول وزن صدانه مطلوب گردد و نسبت به کاربرد مقدار بیش‌تر نیتروژن به شکل متداول آن ارجحیت دارد. گزارش شده است که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن سبب افزایش معنی‌داری در وزن هزارانه جو در مقایسه با تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن گردید (Satari et al., 2017). گزارش شده است که کاربرد کود اوره کند رها در مقایسه با کود اوره متداول و عدم کاربرد

خوشه در برنج شد (Yang et al., 2017; Wang et al., 2018).

این صفات در تنش کم‌آبی ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، به‌طور معنی‌داری نسبت به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش نشان دادند (جدول ۴). گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله طول‌شدن ساقه، وزن دانه را در مقایسه با تیمار شاهد آبیاری کاهش داد (Al-Ajlouni et al., 2016). در تیمار رطوبتی مطلوب، تیمارهای بیش‌ترین مقدار کود نیتروژن در قالب سامانه کند رها و عدم کاربرد سامانه، سبب حصول بالاترین مقدار این صفت گردیدند، اما در شرایط تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تیمارهای مقادیر زیاد و کم نیتروژن در قالب سامانه کند رها و پس از آن‌ها تیمار بیش‌ترین مقدار نیتروژن فاقد سامانه توانستند بالاترین مقدار این صفت را کسب نمایند و در شرایط تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، بیش‌ترین مقدار این صفت مربوط به تیمار کودی بیش‌ترین مقدار نیتروژن در قالب سامانه کند رها و پس از آن متعلق به نیتروژن در مقدار کمتر در قالب سامانه کند رها و عدم کاربرد کود بود (جدول ۵). کاربرد سامانه هیدروژلی کند رها حتی با مقدار کمتر کود نیتروژن، به‌خصوص در شرایط تنش کم‌آبی توانسته است نقش به‌سزایی در حصول وزن دانه در سنبله داشته باشد. حصول مقدار بیش‌تر وزن دانه در سنبله در تیمار عدم کاربرد کود در شرایط تنش ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه نیز می‌تواند به‌سبب کاهش بیوماس گیاه در تیمار تنش شدید و در شرایط عدم کاربرد کود باشد که در این صورت توانسته است نسبت به مقدار کم‌تر بیوماس و دانه تولیدی، وزن دانه‌ها را در سطح مطلوبی حفظ نماید.

### ۳.۳. تعداد سنبله در گلدان و وزن صد دانه

اثر تنش کم‌آبی در سطح یک درصد و کود نیتروژن نیز در



استفاده از مقدار بیش‌تر نیتروژن بدون هیدروژل، مطلوب‌تر است که مقدار کمتر این عنصر در قالب سامانه هیدروژلی کند رها مورد استفاده قرار گیرد. گزارش شده است که کود اوره کند رها در مقایسه با کود اوره متداول و عدم کاربرد کود اوره، سبب افزایش  $14/7$  و  $65/8$  درصدی عملکرد دانه در گیاه ذرت شد (Yang et al., 2017). تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه شد، بیش‌ترین ( $39/23$  گرم در گلدان) و کمترین ( $33/66$  گرم در گلدان) عملکرد دانه به‌ترتیب متعلق به  $70$  و  $30$  درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۶).

گزارش شده است عملکرد و اجزای عملکرد گیاه جو به‌طور معنی‌داری در اثر کمبود آب در مرحله طول‌شدن ساقه کاهش یافتند (Al-Ajlouni et al., 2016). در سطح  $70$  درصد ظرفیت زراعی، بیش‌ترین مقدار نیتروژن فاقد دارای سامانه هیدروژلی سبب حصول بیش‌ترین مقدار عملکرد زیستی شدند، اما با اعمال تنش، تیمارهای کودی دارای سامانه هیدروژلی حتی با مقدار کم‌تر نیتروژن نیز توانستند مقدار بالای این صفت را حاصل نمایند (جدول ۵). کمبود شدید رطوبت خاک، سبب محدودیت توانایی گیاه جهت جذب نیتروژن از خاک می‌شود (Ghaemi & Zamani, 2014). این امر نشان می‌دهد که در شرایط تنش و به‌خصوص در تنش ملایم، وجود سامانه هیدروژلی کند رها، توانست در تأمین رطوبت و عنصر نیتروژن لازم، مؤثرتر عمل نماید. گزارش شده است که کود اوره کند رها توانست بیوماس ذرت را نسبت به اوره معمولی و عدم کاربرد اوره به‌ترتیب  $15/7$  و  $69/9$  درصد افزایش دهد (Yang et al., 2017).

### ۳.۵. محتوی نسبی آبی برگ (RWC) و شاخص کلروفیل SPAD

اثر کود بر شاخص کلروفیل SPAD و اثر تنش کم‌آبی بر محتوی نسبی آب و شاخص SPAD در سطح یک درصد

کود اوره، سبب افزایش  $5/9$  و  $20/9$  درصدی وزن هزاردانه در گیاه ذرت شد (Yang et al., 2017). بالاترین مقدار وزن صدانه ( $4/803$  گرم) مربوط به تیمار  $70$  درصد ظرفیت زراعی بود که در سطح  $50$  و  $30$  درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب  $3/9$  و  $6/2$  درصد کاهش یافت (جدول ۴). کاهش وزن صدانه در گیاه جو، در اثر تنش کم‌آبی گزارش شده است و می‌توان گفت که تنش با کاهش میزان فتوسنتز از انتقال و ذخیره مواد غذایی در دانه‌ها ممانعت کرده و باعث کاهش وزن صدانه در طی تنش می‌شود (Mouloodi et al., 2015).

### ۳.۴. عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت

اثر تنش کم‌آبی و هم‌چنین اثر کود نیتروژن در سطح یک درصد بر عملکرد دانه و زیست‌توده معنی‌دار بود و این دو عامل اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشتند (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار کود نیتروژن دارای سامانه، سبب حصول بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در گلدان ( $41/9$  گرم) شد اما با مقدار این صفت در تیمار بیش‌ترین مقدار نیتروژن فاقد سامانه هیدروژلی ( $41/5$  گرم) تفاوت معنی‌داری نداشت. مقدار کمتر نیتروژن در قالب سامانه هیدروژلی نسبت به تیمار مقدار بیش‌تر نیتروژن در قالب هیدروژل، سبب کاهش  $6/7$  درصدی در عملکرد دانه شد و به‌طور معنی‌دار کاهش یافت اما مقدار این صفت در این تیمار ( $39/1$  گرم) با مقدار آن تحت اثر میزان بیش‌تر کود نیتروژن فاقد سامانه ( $41/5$  گرم) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). گزارش شده است که کاربرد  $150$  کیلوگرم در هکتار نیتروژن سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه در مقایسه با تیمار  $75$  کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم کاربرد نیتروژن گردید (Satari et al., 2017). می‌توان گفت بهترین عملکرد دانه در بیش‌ترین مقدار نیتروژن در قالب سامانه حاصل شده است و در صورت

متعلق به تیمار مقدار کمتر نیتروژن در قالب هیدروژل بود. این مقدار در تیمارهای بدون سامانه کند رهای هیدروژل و عدم کاربرد کود، کاهش معنی داری داشت. در شرایط ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین مقدار نیتروژن در قالب هیدروژل، بیشترین مقدار SPAD (۴۱/۷) را دارا بود، اما در شرایط تنش‌های ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، هر دو تیمار مقدار زیاد و کم نیتروژن در قالب هیدروژل توانستند مقدار بالای این شاخص را نسبت به سایر سطوح کودی حاصل نمایند (جدول ۵). این امر نشان می‌دهد، تأمین نیتروژن در شرایط تنش در تیمارهای کودی دارای سامانه کند رها، حتی در مقدار کمتر کود نیتروژن به خوبی انجام شده است. میزان فراهمی نیتروژن بر محتوی کلروفیل برگ بسیار مؤثر است. گزارش شده است که کاربرد کود اوره کند رها نسبت به کاربرد کود اوره معمولی و عدم کاربرد کود اوره، مقدار کلروفیل را در برگ‌های بلال ذرت افزایش داد (Yang et al., 2017).

### ۳.۶. همبستگی بین عملکرد، اجزای عملکرد، RWC و شاخص کلروفیل SPAD

عملکرد دانه با تمامی اجزای عملکرد و SPAD، همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد داشت. بیشترین میزان همبستگی عملکرد دانه با طول پدانکل ( $r=0/90$ ) و پس از آن با تعداد سنبله در گلدان ( $r=0/85$ ) بود (جدول ۷). این امر نشان می‌دهد که روند تغییرات عملکرد دانه و طول پدانکل و تعداد سنبله در گلدان با یکدیگر تشابه زیادی داشته و هر عاملی که سبب افزایش این دو جزء عملکردی شده است، در افزایش عملکرد دانه نیز بیشترین تأثیر را داشته است. می‌توان دریافت که صفاتی که با طول پدانکل و تعداد سنبله در گلدان همبستگی مثبت دارند نیز می‌توانند بر روند افزایش عملکرد دانه اثر مثبت داشته باشند.

معنی دار شد. اثر متقابل کود و تنش کم‌آبی نیز بر هر دو صفت در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). تیمار کودی بر RWC اثر معنی داری نداشت اما تنش کم‌آبی در سطح ۳۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش معنی داری در این صفت شد (جدول ۶). می‌توان چنین گفت که تأثیرپذیری این صفت بیش‌تر ناشی از تنش کم‌آبی بوده است. تیمار کودی در شرایط ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، تفاوتی در RWC ایجاد نکرد، در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین مقدار RWC مربوط به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی داری نداشت و در مقدار کمتر نیتروژن فاقد سامانه هیدروژلی به‌طور معنی داری کاهش یافت. این امر می‌تواند به این سبب باشد که در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن، گیاه به‌علت تولید بیوماس کمتر، توانسته شرایط رطوبتی را مطلوب‌تر نگاه دارد که با تیمارهای دیگر تفاوتی نداشته است اما در تیمار مقدار کمتر نیتروژن فاقد سامانه کند رها، نیتروژن موجود در افزایش بیوماس نقش داشته اما نتوانسته در افزایش RWC مؤثر واقع شود. در شدیدترین سطح تنش نیز کمترین مقدار RWC متعلق به مقدار بیش‌تر نیتروژن فاقد سامانه کندرها بود و سایر تیمارها تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند که می‌توان چنین احتمال داد که در تنش شدید، افزایش بیوماس بدون بهره‌بردن از سامانه هیدروژلی بر محتوی نسبی آب برگ اثر نامطلوب بیش‌تری داشته است. شاخص SPAD در مرحله گلدهی با اعمال و تشدید تنش نسبت به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، کاهش معنی داری یافت (جدول ۶). کاهش محتوی نسبی آب برگ و شاخص کلروفیل SPAD در اثر کم‌آبی در پژوهش‌های دیگری نیز گزارش شده است (Mousavifar et al., 2011). بیشترین مقدار شاخص SPAD (۳۹/۵) از تیمار کودی مقدار زیاد نیتروژن در قالب هیدروژل حاصل گردید و پس از آن

اثر سامانه هیدروژلی کند ره‌ای حاوی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی جو تحت تنش کم‌آبی

جدول ۶. مقایسات میانگین صفات عملکردی و فیزیولوژیکی در سطوح مختلف تنش کم‌آبی

تنش کم‌آبی	عملکرد دانه (g.pot <sup>-1</sup> )	عملکرد زیستی (g.pot <sup>-1</sup> )	شاخص کلروفیل SPAD	محتوی نسبی آب (RWC) (%)
S1	۳۹/۲۳±۲/۴۰۵ a	۱۰۰/۲۶±۵/۶۱۸ a	۳۷/۰۴±۰/۹۶۵ a	۸۷/۷۲±۱/۰۱۱ a
S2	۳۶/۰۵±۱/۶۲۹ b	۸۹/۸۱±۵/۵۰۸ b	۳۵/۸۱±۰/۸۰۸ b	۸۵/۶۳±۲/۰۶۳ a
S3	۳۳/۶۶±۱/۷۴۶ c	۸۳/۸۰±۴/۸۶۷ c	۳۴/۴۳±۰/۸۱۶ c	۶۳/۴۷±۲/۸۸۲ b

S1، S2 و S3: به ترتیب ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، اجزای عملکرد، محتوی نسبی آب و شاخص SPAD

عملکرد	شاخص	RWC	تعداد سنبله	طول	قطر	طول	وزن دانه‌ها	تعداد دانه	وزن
دانه	SPAD		در گلدان	سنبله	سنبله	پدانکل	در سنبله	در سنبله	صددانه
									وزن ۱۰۰ دانه
								۱	تعداد دانه در سنبله
							۱	۰/۷۴**	۰/۵۳**
								۱	وزن دانه‌ها در سنبله
							۰/۷۳**	۰/۷۱**	۰/۷۱**
					۱	۰/۶۰**	۰/۳۹**	۰/۴۹**	۰/۳۵*
				۱	۰/۶۰**	۰/۸۱**	۰/۷۴**	۰/۷۵**	۰/۶۰**
			۱	۰/۷۸**	۰/۴۴**	۰/۸۴**	۰/۶۶**	۰/۷۴**	۰/۵۹**
		۱	۰/۱۷ns	۰/۲۲ns	-۰/۰۱ns	۰/۱۶ns	۰/۳۵*	۰/۰۳ns	۰/۴۱**
			۱	۰/۸۰**	۰/۷۶**	۰/۴۷**	۰/۸۶**	۰/۶۶**	۰/۶۳**
		۱	۰/۷۳**	۰/۰۹ns	۰/۸۵**	۰/۷۷**	۰/۵۷**	۰/۹۰**	۰/۷۰**
								۰/۷۶**	۰/۶۵**

\*\*، \* و ns به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال (P≤۰/۰۱) و (P≤۰/۰۵) و نبود اختلاف معنی‌دار.

#### ۴. نتیجه گیری کلی

ارحیت دارد و بنابراین پیشنهاد می‌گردد که مقدار کمتر کود نیتروژن در قالب سامانه هیدروژلی استفاده شود. کم‌آبی به تنهایی اثر نامطلوبی بر عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص SPAD و محتوی نسبی آب برگ داشت و در تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیش‌ترین مقدار این صفات را حاصل نمود. در شرایط تنش استفاده از سامانه هیدروژلی کند ره‌ا در هر دو مقدار نیتروژن توانست عملکرد زیستی و شاخص SPAD مطلوب‌تری را حاصل نماید که این امر نشان می‌دهد کاربرد ترکیب کند ره‌ا سبب استفاده مطلوب‌تر گیاه از عنصر نیتروژن در شرایط تنش شده است.

در طول سنبله، قطر سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه‌ها در سنبله، وزن صدانه و عملکرد زیستی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی مقدار زیاد و کم نیتروژن دارای هیدروژل و مقدار زیاد نیتروژن فاقد هیدروژل نبود و همچنین در تعداد سنبله در گلدان و عملکرد دانه نیز تفاوتی بین مقدار بیش‌تر نیتروژن فاقد سامانه و مقدار کمتر نیتروژن دارای سامانه وجود نداشت و می‌توان چنین نتیجه گرفت که مصرف نیتروژن در قالب سامانه هیدروژلی کندها بر استفاده نیتروژن فاقد هیدروژل

## ۵. منابع

- Agami, R. A., Almari, S. A. M., El-Maghd, T. A. A., AbbouSekken, M. S. M., & Hashem, M. (2018). Role of exogenous nitrogen supply in alleviating the deficit irrigation stress in wheat plants. *Agricultural Water Management*, 210 (C), 261-270. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.08.034
- Ahmadi, K., Gholizade, H., Ebadzade, H. R., Hoseeinpour, R., Abdshah, H., Kazemian, A., & Rafiee, M. (2017). *Agricultural Statistics Report, Crop year 2016-2015*. First volume: Crops, Ministry of Agriculture-Jahad. Deputy of Planning and Economic Affairs, Center for Information and Communication Technology, 117 P. (In Persian).
- Akbari, S., Kafi, M., & Rezvan Beidokhti, S. (2017). The effect of drought stress and plant density on biochemical and physiological characteristics of two Garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(4), 665-674. DOI: 10.22067/gsc.v14i4.41406 (In Persian)
- Al-Ajlouni, Z. I., Al-Abdallat, A. M., Al-Ghzawi, A. L. A., AYad, J. Y., Abu Elenein, J. M., Al-Quraan, N. A., & Baenziger, S. (2016). Impact of pre-anthesis water deficit on yield and yield components in barley (*Hordeum vulgare* L.) plants grown under controlled conditions. *Agronomy*, 6(2), 1-14. DOI: 10.3390/agronomy6020033.
- Azarpour, E., Moraditochae, M., & Bozorgi, H.R. (2014). Effect of nitrogen fertilizer management on growth analysis of Rice cultivars. *International Journal of Biosciences*, 4(5), 35-47. DOI: 10.12692/ijb/4.5.35-47.
- Baran, A., Zaleski, T., Kulikowski, E., & Wiczorek, J. (2015). Hydrophysical and biological properties of sandy substrata enriched with hydrogel. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(6), 2355-2362. DOI: 10.15244/pjoes/59258.
- Basra, S. M. A., Iqbal, S., & Afzal, I. (2014). Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. *Internatioonal Journal of Agriculture and Biology*, 16, 886-892.
- Dugdale, H., Harris, G., Neilsen, J., Richards, D., Wigginton, D., & Williams, D. (2013). *Waterpak-a guide for irrigation management in cotton and grain farming systems*. Cotton Research & Development Corporation, 3<sup>rd</sup> ed, 486 P.
- Ghaemi, A. A., & Zamani, B. (2014). Effect of different level of water stress and nitrogen fertilizer on yield and yield components of Barley in Badjgah (Fars province). *Journal of Water and Soil*, 29(4), 954-965. DOI: 10.22067/jsw.v0i0.43208 (In Persian).
- Han, M., Wong, J., Su, T., Beatty, P. H., & Good, A. G. (2016). Identification of nitrogen use efficiency genes in Barley: searching for QTLs controlling complex physiological traits. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1587. DOI: 10.3389/fpls.2016.01587.
- Hawkesford, M. J. (2014). Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 276-283. DOI: 10.1016/j.jcs.2013.12.001.
- He, X. S., Liao, Z. W., Huang, P. Z., Duan, J. X., Ge, R. S., Li, H. B., & Geng, Z. C. (2007). Characteristics and performance of novel water-absorbent slow release nitrogen fertilizer. *Agricultural Science in China*; 6(3), 338-346. DOI: 10.1016/S1671-2927(07)60054-6.
- Khajehpour, M. R. (2014). *Cereal Crops*. Jihad Daneshgahi of Isfahan Industrial University Press. 783 P. (In Persian)
- Krouk, G., Crawford, N. M., Coruzzi, G. M., & Tsay, Y. F. (2010). Nitrate signaling: adaptation to fluctuating environments. *Current Opinion in Plant Biology*, 13(3), 266-273. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.12.003.
- Li, Y., Sun, Y., Liao, S., Zou, G., Zhao, T., Chen, Y., Yang, J., & Zhang, L. (2017). Effects of two slow-release nitrogen fertilizers and irrigation on yield, quality, and water-fertilizer productivity of greenhouse tomato. *Agricultural Water Management*, 186, 139-146. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.02.006.
- Majnon Hosseini, N. (2011). *Cereal Crops*. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 221 P. (In Persian)
- Montesano, F. F., Parente, A., Santamaria, P., Sannino, A., & Serio, F. (2015). Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 451-458.
- Mouloodi, A., Ebadi, A., & Jahanbakhsh, S. (2015). The effect of different amounts of nitrogen and water deficits tension on yield, yield components and some physiological indicators in spring barley. *Crop Physiology Journal*, 6(24), 29-40. (In Persian)
- Mousavifar, B. E., Behdani M. A., Jami Al-Ahmadi, M., & Hosseini Bajd, M. S. (2011). Changes of chlorophyll index (SPAD), Relative water content, electrolyte leakage and seed yield in spring Safflower genotypes under irrigation termination. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 9(3), 525-534. (In Persian)

- Sattari, O., Mirzakhani, M., & Hashemi, A. (2017). Effect of seeding rate and nitrogen levels on agronomic characteristics and nitrogen use efficiency of barley cultivar (MB-82-12). *Journal of Plant Ecophysiology*, 9(28), 101-109. (In Persian)
- Saxton, K. E., Rawls, W. J., Romberger, J. S., & Papendick, R. I. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Science Society America Journal*, 50(4), 1031-1036. DOI: 10.2136/sssaj1986.03615995005000040039x.
- Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrological solutions. *Soil Science Society America Journal*, 70, 1569-1578.
- Seyed Sharifi, R., Afsari, F., & Seyed Sharifi, R. (2018). Application of nitrogen rates at different growth stages effects on dry matter remobilization and effective traits at dry matter accumulation of grain barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 6(19), 337-350. (In Persian)
- Tigre, W., Worku, W., & Haile, W. 2014. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer levels on growth and development of barley (*Hordeum vulgare* L.) at Bore District, Southern Oromia. *American Journal of Life Sciences*, 2(5), 260-266. DOI: 10.11648/j.ajaf.20150306.15.
- Wang, Li., Xue, Cheng., Pan, X., Chen, F., & Liu, Y. (2018). Application of controlled-release urea enhance grain yield and nitrogen use efficiency in irrigated Rice in the Yangtze River basin, China. *Frontiers in Plant Science*, 9, 999. DOI: 10.3389/fpls.2018.00999.
- Xiao, X., Yu, L., Xie, F., Bao, X., Liu, H., Ji, Z., & Chen, L. (2016). One-step method to prepare starch based superabsorbent polymer for slow release of fertilizer. *Chemical Engineering Journal*, 309, 607-616. DOI: 10.1016/j.cej.2016.10.101.
- Yang, Y., Ni, X., Zhou, Z., Yum L., Liu, B., Yang, Y., & Wu, Y. (2017). Performance of matrix-based slow-release urea in reducing nitrogen loss and improving maize yields and profits. *Field Crops Research*, 212, 73-81. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.07.005.
- Zhen, S., Deng, X., Zhang, M., Zhu, G., Lv, D., Wang, Y., Zhu, D., & Yan, Y. (2017). Comparative phosphoproteomic analysis under high-nitrogen fertilizer reveals central phosphoproteins promoting Wheat grain starch and protein synthesis. *Frontiers in Plant Science*, 8(67), 1-20. DOI: 10.3389/fpls.2017.00067.