

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر تنش خشکی، مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی و روش کاشت بذر بر عملکرد علوفه ذرت سیلویی  
(*Zea mays* L.) سینگل کراس ۷۰۴

Effect of drought stress, integrated application of chemical and organic fertilizers and seed sowing method on forage yield of silage maize (*Zea mays* L. cv. SC704)

سیداحمد پورجمشید<sup>۱</sup>، علی مشتقی<sup>۲</sup>، سیدعطاءاله سیادت<sup>۳</sup>، محمدرضا مرادی تلاوت<sup>۴</sup> و  
آیدین خدایی جوقان<sup>۵</sup>

چکیده

پورجمشید، س.ا.، ع. مشتقی، س.ع. سیادت، م.ر. مرادی تلاوت و آ. خدایی جوقان. ۱۴۰۲. اثر تنش خشکی، مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی و روش کاشت بذر بر عملکرد علوفه ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) سینگل کراس ۷۰۴. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۲): ۱۸۹-۱۷۰.

به منظور ارزیابی واکنش صفات فیزیولوژیک و عملکرد علوفه ذرت سیلویی به مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر و روش کاشت در شرایط تنش خشکی، آزمایشی مزرعهای به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۴۰۰ در شهرستان رامهرمز استان خوزستان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد (بدون تنش، شاهد)، ۵۰ درصد (تنش ملایم) و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش شدید) (کرت‌های اصلی)، تیمارهای کودی شامل ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، ۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست، ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست، ۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست و ۱۰۰ درصد کمپوست (کرت‌های فرعی) و روش کاشت در بالای پشته و کف جوی (کرت‌های فرعی فرعی) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید (به ترتیب ۲۰۱۹۳ و ۱۳۷۷۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی بدست آمد. بیشترین محتوای کلروفیل در شرایط بدون تنش (۴/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و کاشت در کف جوی و در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید (به ترتیب ۲/۸ و ۲/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی به دست آمد. محتوای آب نسبی برگ و پایداری غشای سلول در شرایط آبیاری مطلوب در بین تیمارهای کودی اختلاف زیادی نداشتند، اما در شرایط تنش‌های ملایم و شدید، تیمارهای تلفیقی نسبت به تیمارهای کاملاً شیمیایی و آلی و حتی تیمار کمتر از ۵۰ درصد کمپوست، برتر بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط تنش خشکی، مصرف تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست و کاشت در کف جوی به علت بهبود شرایط رشد گیاه، از کاهش اغلب صفات فیزیولوژیک و عملکرد علوفه گیاه ذرت جلوگیری کرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی و کمبود منابع آبی و حتی در شرایط بدون تنش، مصرف مقادیر بهینه کمپوست بقایای نیشکر به عنوان یک نهاده آلی بوم‌سازگار و روش کاشت در کف جوی می‌تواند باعث بهبود رشد و عملکرد علوفه ذرت شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، ذرت علوفه‌ای، رطوبت خاک، کلروفیل و کمپوست بقایای نیشکر

## Effect of drought stress, integrated application of chemical and organic fertilizers and seed sowing method on forage yield of silage maize (*Zea mays* L. cv. SC704)

Pourjamshid. S.A.<sup>1</sup>, A. Moshatati<sup>2</sup>, S.A. Siadat<sup>3</sup>, M.R. Moradi Telavat<sup>4</sup> and A. Khodaei Joghani<sup>5</sup>

### ABSTRACT

Pourjamshid. S. A., A. Moshatati, S. A. Siadat, M. R. Moradi Telavat and A. Khodaei Joghani. 2023. Effect of drought stress, integrated application of chemical and organic fertilizers and seed sowing method on forage yield of silage maize (*Zea mays* L. cv. SC704). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 25(1): 170-189. (In Persian).

**Introduction:** As one of the most important crops in Khuzestan, Iran, forage maize production faces limitations such as deficiency of water resources in summer, low soil organic matter content, heavy soil texture and soil salinity, which can be resolved by appropriated nutrition management and planting method to reduce some of these problems. To improve soil fertility, integrated application of chemical and organic fertilizers is eco-friendly and economically sustainable. The integrated application of organic and biological fertilizers in combination with chemical fertilizers is an important integrated plant nutrition management strategy for sustainable productivity and production in cropping systems.

**Materials and Methods:** To evaluate the physiological traits and yield of silage maize with with integrated application of nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost and seed sowing method under drought stress conditions, a field experiment was carried out in split split plot layout in randomized complete block design with three replications in 2021 summer in Ramhormoz, Khuzestan province, Iran. Treatments included irrigation after 30% (non-stress), 50% (moderate stress) and 70% (severe stress) depletion of available soil water (main plots), fertilizer treatments included 100% of nitrogen fertilizer requirement; 75% nitrogen + 25% compost, 50% nitrogen + 50% compost, 25% nitrogen + 75% compost and 100% compost (sub plots) and sowing methods, top of beds and in furrows (sub-sub plots). Samples of fresh forage were used to determine the relative water content (RWC), dry matter content and the dry forage yield. The leaf greenness index (SPAD) was measured using a portable chlorophyll meter at the 50% flowering stage on the fully developed leaf. Forage quality traits were measured using near infrared spectroscopy (NIR).

**Results:** The results showed that the highest values of SPAD, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, RWC and cell membrane stability were obtained in 100% chemical fertilizer treatment under well irrigated condition. However, under moderate and severe drought stress conditions, combination of chemical and organic treatments with the 50% nitrogen and 50% compost of sugarcane residues had higher values. The maximum dry forage yield was obtained under well irrigated treatment, 100% chemical fertilizer and in furrow seed sowing. However, under moderate and severe stress conditions, the highest dry matter yield were obtained in integrated fertilizer application treatments and in furrow sowing. The lowest dry forage yield was obtained in 100% organic fertilizer treatment and sowing on top of the bed. Under mild and even severe stress conditions, in furrow sowing method in comparison with the top of the bed, the effect of drought stress was mitigated, mainly due to better and longer condition for uptake of moisture and nutrients available for maize plants.

**Conclusion:** According to the results, it can be concluded that in furrow sowing method, better moisture could be preserved for longer time and optimal application of sugarcane compost as an organic input can improve the physical, chemical and biological properties of the soil, thus providing nutrients, especially nitrogen, and their slow release during the plant growth period which in turn may reduce the negative effect of drought stress and improve growth and yield of forage maize under the conditions of Khuzestan province.

**Key words:** Chlorophyll, Forage maize, Irrigation, Soil moisture content and Sugarcane residue compost

Received: July, 2023 Accepted: October, 2023

1. PhD Student, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2. Assistant Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran (Corresponding author) (Email: A.moshatati@asnrukh.ac.ir)
3. Professor, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
4. Associate Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
5. Assistant Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

## مقدمه

کرده و گیاه به آسانی آنها را جذب می‌کند. کمپوست تولید شده از باگاس و فیلتر کیک نیشکر حاوی عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم و عناصر ریزمغذی و سایر مواد مورد نیاز گیاهان است (Chattha *et al.*, 2019). پایین بودن حاصلخیزی خاک یکی از محدودیت‌های تولید پایدار گیاهان زراعی است. برای اصلاح حاصلخیزی خاک، مصرف ترکیبی کودهای شیمیایی و آلی در بوم نظام‌های اکولوژیک و سازگار یافته با طبیعت مورد توجه قرار گرفته که از نظر اقتصادی نیز پایدار است. استفاده از کودهای آلی و زیستی به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی، مهم‌ترین راهبرد تغذیه تلفیقی گیاه برای مدیریت پایدار بوم نظام کشاورزی و افزایش تولید در کشاورزی پایدار است.

نتایج تحقیقات برخی از پژوهشگران نشان داده است که مصرف مواد آلی مثل کودهای حیوانی و کمپوست‌ها باعث افزایش تحمل گیاه به تنش‌ها از جمله تنش خشکی (Macilwain, 2004)، افزایش رشد و عملکرد گیاه (Kumar *et al.*, 2005) و همچنین کیفیت و سلامت محصول می‌شوند (Gilesm, 2004). رنگیزه‌های گیاهی اولین دریافت کننده‌های تابش و عاملی مهم در تولید محصول هستند (Jaleel *et al.*, 2009). گزارش شده است که تنش‌های شوری و خشکی در گیاه ذرت باعث کاهش میزان کلروفیل a، b و افزایش کاروتنوئیدها می‌شود (Rahman *et al.*, 2004). صافی و همکاران (Safi *et al.*, 2022) در بررسی واکنش صفات فیزیولوژیک و کیفی تریتیکاله به کمپوست بقایای نیشکر در شرایط تنش خشکی گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش پایداری غشای سلول، محتوای رطوبت نسبی برگ، کلروفیل a، b، کلروفیل کل، عملکرد دانه و افزایش کاروتنوئیدها شد و افزایش مصرف کمپوست بقایای نیشکر باعث کاهش اثر منفی ناشی از تنش خشکی بر صفات فوق از ۶ تا ۴۶ درصد

ذرت (*Zea mays L.*) از مهم‌ترین گیاهان زراعی غلاتی جهان است که از نظر سطح زیر کشت پس از گندم و برنج رتبه سوم و از نظر عملکرد دانه، رتبه اول را داشته (FAO, 2023) و بیشتر به منظور تولید دانه و علوفه سیلویی کشت می‌شود (Siadat *et al.*, 2021). کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی دنیا محسوب می‌شود. تنش خشکی با اثر بر فرایندهای فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاهی، باعث کاهش زیست توده و افت عملکرد گیاه می‌شود. از دیگر پیامدهای فیزیولوژیک تنش خشکی بر گیاه، کاهش محتوای آب نسبی برگ است. در شرایط کمبود محتوای آب نسبی برگ در گیاه، کارکرد غشاهای سلولی مختل شده و پایداری خود را از دست می‌دهند. از عوامل مهم کاهش دهنده رشد و عملکرد گیاه ذرت، مدیریت نامناسب آبیاری همراه با مصرف نامناسب کود نیتروژن است (Norwood, 2000).

زراعت و تولید ذرت به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای و سیلویی در خوزستان، با محدودیت‌هایی مثل کمبود منابع آبی در تابستان، پایین بودن محتوای ماده آلی خاک، سنگین بودن بافت خاک و شوری خاک مواجه است که می‌توان با مدیریت تغذیه و روش کاشت صحیح، برخی از این مشکلات را کاهش داد. یکی از راه کارهای تعدیل اثر نامطلوب تنش خشکی و افزایش ماده آلی خاک، استفاده از مواد طبیعی مانند کودهای آلی است. یکی از کودهای آلی مؤثر که در استان خوزستان به وفور تولید شده و اخیراً مورد توجه قرار گرفته است، کمپوست بقایای نیشکر است. کمپوست بقایای نیشکر یک ماده آلی شبیه پیت است که باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداشت آب خاک می‌شود. کمپوست بقایای نیشکر، عناصر غذایی را به آرامی و به صورت یکنواخت در خاک رها

شوری و در پی آن تنش خشکی کاهش یافته و رشد و توسعه برگ‌ها، تولید سبزینه و شاخص سبزیگی افزایش می‌یابد (Fahong *et al.*, 2004). در این خصوص دوانی و همکاران (Davani *et al.*, 2016) در بررسی اثر روش کاشت بر عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به شوری در ذرت گزارش دادند که روش کاشت در کف جوی بیشترین میزان کلروفیل a، b و محتوای نشاسته نسبت به سایر روش‌های کاشت را داشت. گزارش شده است که در ذرت در روش کاشت در کف جوی و مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر نسبت به روش کاشت در بالای پشته و سایر روش‌های کاشت؛ تعداد دانه در بلال، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و شاخص کلروفیل برگ (عدد اسپد) بیشتر بود (Tahmasebi *et al.*, 2022). نتایج یک آزمایش دیگر روی ذرت شیرین نشان داد که روش کاشت در کف جوی باعث افزایش عملکرد دانه و سایر صفات گیاهی شد و عملکرد دانه در روش کاشت در کف جوی (۸۹۱۰ کیلو گرم در هکتار) نسبت به روش کاشت در بالای پشته (۶۱۸۰ کیلو گرم در هکتار) بیشتر بود (Nasrolah Alhossini *et al.*, 2014).

با توجه به نقش مهم گیاه ذرت در تأمین علوفه دام‌های کشور و آسیب جدی تنش خشکی و کمبود نیتروژن به تولید این محصول و با در نظر داشتن اهداف کشاورزی پایدار مبنی بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و رفع کمبود علوفه در فصل زمستان؛ این پژوهش به منظور ارزیابی واکنش صفات فیزیولوژیک و عملکرد ذرت سیلویی به روش کاشت و مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر در شرایط تنش خشکی در استان خوزستان طراحی و اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۴۰۰ در مزرعه آزمایشی هنرستان کشاورزی شهرستان رامهرمز

شد. زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2016) در بررسی اثر کاربرد کود ورمی کمپوست بر کاهش اثر نامطلوب تنش آبی بر رشد و ترکیبات شیمیایی ذرت داشتند بیان کردند که در شرایط تنش کم آبی، با مصرف ورمی کمپوست، به دلیل بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش قدرت نگهداری رطوبت، علاوه بر بالا بردن تحمل گیاه در برابر تنش کم آبی، باعث افزایش عملکرد ماده خشک و عناصر غذایی در اندام‌های هوایی ذرت شد. اسماعیلیان و همکاران (Esmaeilian *et al.*, 2014) گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی، تیمار تلفیقی شیمیایی و آلی (۵۰ درصد کود شیمیایی و ۵۰ درصد کود دامی) نسبت به کاربرد هر یک به تنهایی، باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان و سایر صفات مورد مطالعه شد. در ارزیابی عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک ذرت با مصرف همزمان کودهای شیمیایی و زیستی در شرایط تنش خشکی گزارش شد که در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه و کلروفیل a در تیمار تلفیقی کود شیمیایی + کود زیستی بالاتر بود و در شرایط تنش، تیمار تلفیقی باعث کاهش اثر منفی تنش شد، ولی میزان کلروفیل a نسبت به کلروفیل b کاهش بیشتری داشت (Amani *et al.*, 2017). در آزمایش دیگری با بررسی اثر تنش رطوبتی، کودهای شیمیایی نیتروژن دار و آلی و تلفیق آنها بر عملکرد ذرت گزارش شد که در شرایط تنش، بیشترین عملکرد دانه و سایر صفات گیاهی مورد بررسی از تیمار تلفیقی کود نیتروژن و کود دامی حاصل شد (Majidian *et al.*, 2008).

به دلیل محدودیت منابع آبی و ضرورت صرفه جویی در مصرف آب، روش کاشت بذر در داخل جوی در سال‌های اخیر در برخی از گیاهان زراعی از جمله ذرت استفاده شده است. در روش کاشت در کف جوی در ذرت به دلیل برخورداری بیشتر گیاه از رطوبت و مواد غذایی، شستشوی نمک از پیرامون ریشه و بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک، اثر ناشی از تنش

در استان خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۰ متر از سطح دریا با تابستان گرم و زمستان معتدل (جدول ۱) اجرا شد.

جدول ۱- میانگین ماهانه دمای کمینه، متوسط و بیشینه و بارندگی در طول دوره رشد گیاه ذرت

Table 1. Monthly average of minimum, mean and maximum temperature and precipitation during growth duration of maize

| Month | ماه    | دمای کمینه<br>Min. temperature (°C) | دمای میانگین<br>Mean temperature (°C) | دمای بیشینه<br>Max. temperature (°C) | بارندگی<br>Precipitation (mm) |
|-------|--------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Aug.  | مرداد  | 32.9                                | 40.2                                  | 47.5                                 | 0.0                           |
| Sep.  | شهریور | 29.7                                | 37.6                                  | 45.5                                 | 0.0                           |
| Oct.  | مهر    | 24.2                                | 32.2                                  | 40.2                                 | 0.0                           |
| Nov.  | آبان   | 18.6                                | 25                                    | 31.4                                 | 0.9                           |

(N<sub>3</sub>) (۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر)، ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۷۵ درصد کود آلی (N<sub>4</sub>) (۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۳۷/۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر) و تامین کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه با کمپوست بقایای نیشکر (N<sub>5</sub>) (۵۰ تن در هکتار کمپوست نیشکر) در کرت‌های فرعی و روش کاشت به دو روش؛ کاشت بذر در بالای پشته (P<sub>1</sub>) و کف جوی (P<sub>2</sub>) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. پیش از انجام آزمایش از خاک مزرعه نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲). کمپوست بقایای نیشکر از واحد خوراک دام شرکت کشت و صنعت کارون شهرستان شوشتر تهیه شد (جدول ۲).

آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در سه سطح؛ آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد (شاهد بدون تنش) (I<sub>1</sub>)، آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد (تنش ملایم) (I<sub>2</sub>) و آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس در عمق توسعه ریشه (تنش شدید) (I<sub>3</sub>) در کرت‌های اصلی، پنج تیمار کودی شامل تامین کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه با استفاده از کود شیمیایی (N<sub>1</sub>) (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن)، ۷۵ درصد کود شیمیایی + ۲۵ درصد کود آلی (N<sub>2</sub>) (۱۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۱۲/۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر)، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود آلی

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک (در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر) و کمپوست بقایای نیشکر

Table 2. Physical and chemical properties of soil (0- 30 cm depth) and sugarcane residue compost

| مشخصات فیزیکی و شیمیایی            |                 | خاک             | کمپوست بقایای نیشکر        |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| Physical and chemical properties   |                 | Soil            | Sugarcane residues compost |
| EC (dS.m <sup>-1</sup> )           | هدایت الکتریکی  | 5.5             | 3.5                        |
| pH                                 | اسیدیته         | 7.23            | 8.3                        |
| Organic carbon (%)                 | کربن آلی        | 1.38            | 35.8                       |
| N (%)                              | نیتروژن         | 0.95            | 1                          |
| P (mg.kg <sup>-1</sup> )           | فسفر            | 14.5            | 76                         |
| K (mg.kg <sup>-1</sup> )           | پتاسیم          | 273             | 5000                       |
| Bulk density (g.cm <sup>-3</sup> ) | وزن مخصوص ظاهری | 1.38            | -                          |
| Texture                            | بافت            | Silty clay loam | -                          |

داده شد (Alizadeh, 2008).

$$Vd = MAD (\%) \times (FC-PWP) \times Rz \times A$$

$V_d$ : حجم آب آبیاری (متر مکعب)، MAD: حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی،  $R_z$ : عمق موثر ریشه (متر) و  $A$ : مساحت کرت (مترمربع) هستند.

میزان نیتروژن مصرفی با توجه به نیتروژن قابل دسترس خاک و نیاز کودی گیاه ذرت (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) محاسبه شد (Siadat et al., 2021) کود شیمیایی نیتروژن دار (از منبع اوره) به صورت تقسیط شده، ۵۰ درصد در مرحله ۶ تا ۸ برگی (V4-V8) و ۵۰ درصد باقیمانده پیش از ظهور گل تاجی (V12-VT) به خاک داده شد. میزان نیتروژن مورد نیاز از منبع کود آلی از حاصلضرب وزن کود آلی در محتوای نیتروژن کود و میزان نیتروژن قابل دسترس آن محاسبه شد (رابطه ۳). میزان نیتروژن قابل دسترس کود آلی، بنابر گزارش صباحی و همکاران (Sabahi et al., 2008) که محتوای نیتروژن کود آلی قابل دسترس برای گیاه را در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۳۵ و ۲۰ درصد اعلام کردند، در نظر گرفته شد.

برنامه زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه (رابطه ۱) قابل دسترس خاک در منطقه ریشه گیاه انجام شد. عمق مدیریت آبیاری برای گیاه ۳۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. میزان رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی (FC)، نقطه پژمردگی دائم (PWP) و رطوبت قابل دسترس (AWC) به ترتیب ۳۲/۴، ۱۸/۶ و ۱۳/۸ درصد بودند. جهت تعیین زمان دقیق آبیاری برای هر تیمار، نمونه برداری از عمق نفوذ ریشه (۳۰ سانتی متر) در کرت‌های اصلی به صورت روزانه با استفاده از آگر انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. در صورت تخلیه رطوبت خاک به حد مورد نظر برای هر تیمار، آبیاری انجام می‌شد. رطوبت وزنی نمونه‌ها با استفاده از رابطه یک محاسبه شد (Alizadeh, 2008).

$$M(\%) = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

$M$ : درصد رطوبت وزنی،  $W_w$ : وزن خاک مرطوب و  $W_s$ : وزن خاک خشک هستند.

حجم آب آبیاری با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شده و سپس آب با استفاده از پمپ و کنتور حجمی به صورت یکنواخت به کرت‌های مربوطه

(رابطه ۳) وزن کود  $\times$  محتوای نیتروژن کود  $\times$  نیتروژن قابل دسترس = نیتروژن مورد نیاز از منبع کود آلی

شد. بذرها در کرت‌ها در ابتدا به صورت متراکم کشت شده و پس از سبز شدن گیاهچه‌ها در مرحله ۴ برگی تنک شدند تا تراکم ۹/۵ بوته در متر مربع حاصل شود. به منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی، در فاصله بین کرت‌های اصلی دو ردیف نکاشت، بین کرت‌های فرعی یک ردیف نکاشت و بین تکرارها دو متر فاصله در نظر گرفته شد. عملیات برداشت ذرت سیلویی در مرحله رسیدگی شیری - خمیری دانه (R3-R4) و هنگامی که خط شیری در وسط دانه قرار داشت، در تاریخ ۱۴۰۰/۰۸/۱۰ انجام شد. جهت تعیین وزن خشک و تر علوفه، بوته‌های دو ردیف میانی با

کمپوست بقیای نیشکر در کرت‌های مورد نظر با خاک به طور کامل و با عمق مناسب مخلوط شد. پس از اعمال تیمارهای تغذیه، بذرها ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ به دو روش؛ بالای پشته و کف جوی به صورت دستی کاشته شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذر در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۱۰ به روش غلام گردشی انجام شد. مساحت هر کرت ۱۸ مترمربع (۳×۶ متر) و تراکم بوته‌ها ۹/۵ بوته در مترمربع بود. تعداد ردیف‌های کاشت در هر واحد آزمایشی چهار ردیف و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۴ سانتی متر لحاظ

روش کاشت و برهمکنش سه جانبه آبیاری و کود و روش کاشت از روش برش دهی فیزیکی استفاده شد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، مصرف تلفیقی کود و روش کاشت بر کلیه صفات اندازه گیری شده ذرت سیلویی معنی دار بودند. برهمکنش آبیاری و تیمارهای کودی بر کلیه صفات به جز تعداد ردیف دانه در بلال معنی دار بود. برهمکنش آبیاری و روش کاشت فقط بر عملکرد ماده خشک، محتوای کلروفیل b و کلروفیل کل معنی دار بود. برهمکنش تیمارهای کودی و روش کاشت فقط بر محتوای کلروفیل کل و عملکرد ماده خشک معنی دار بود و اثر سه جانبه آبیاری، تیمارهای کودی و روش کاشت فقط بر محتوای کلروفیل کل و عملکرد ماده خشک معنی دار بود.

نتایج نشان داد که حداکثر سبزیبندی برگ در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن بدست آمد. سبزیبندی برگ در تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد و ۷۰ درصد (تنش خشکی ملایم و شدید) و تیمارهای تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست بیشتر بود (جدول ۳). کمپوست بقایای نیشکر به دلیل دارا بودن عناصری از قبیل نیتروژن، آهن، منیزیم و منگنز که در فرایند تولید کلروفیل و فتوسنتز نقش دارند باعث افزایش سبزیبندی برگ می شود. نتایج یک آزمایش درباره واکنش صفات فیزیولوژیک و کیفی تربیتکاله و کمپوست بقایای نیشکر در شرایط تنش خشکی نشان داد که بیشترین مقدار سبزیبندی برگ در مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست و کمترین مقدار آن در عدم مصرف کمپوست حاصل شد (Safi et al., 2022). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار سبزیبندی برگ (۴۲/۹) در روش کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۴۰/۵) در

رعایت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه، از ارتفاع دو سانتی متری سطح زمین قطع و وزن تر آن‌ها اندازه گیری شد. نمونه‌هایی از علوفه تر تیمارها به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در آون در ۷۰ درجه سانتی گراد خشکانده شدند. پس از تعیین درصد رطوبت نمونه‌ها، درصد ماده خشک و عملکرد علوفه خشک محاسبه شد. برای اندازه گیری تعداد ردیف‌های دانه در بلال و تعداد دانه‌ها در ردیف، ۱۰ بلال به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شدند. شاخص سبزیبندی برگ (عدد اسپد) به روش رینولدز و همکاران (Reynolds et al., 2001) و با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD Plus502, Konica, Japan) در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در پنج بوته و روی آخرین برگ توسعه یافته در سه نقطه از پهنک برگ قرائت و سپس میانگین پانزده قرائت به عنوان شاخص سبزیبندی برگ آن کرت منظور شد. مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در جوان‌ترین برگ‌های توسعه یافته سه بوته از هر کرت به روش آرنون (Arnon, 1949) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (SPOKOL, Analytic, Germany) اندازه گیری شدند. محتوای آب نسبی برگ در اواسط مرحله گلدهی و در آخرین برگ توسعه یافته به روش ریچی و همکاران (Ritchie et al., 1990) و پایداری غشای سلول به روش رینولدز و همکاران (Reynolds et al., 2001) اندازه گیری شدند. صفات کیفی علوفه شامل ماده خشک قابل هضم و پروتئین خام با استفاده از روش طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) به روش جعفری و همکاران (Jafari et al., 2003) اندازه گیری شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. برای مقایسه میانگین برهمکنش دوجانبه آبیاری و کود، آبیاری و

مقدار آن در شرایط عدم مصرف کمپوست حاصل شد. نتایج نشان داد که حداکثر مقدار کلروفیل a (۲/۱۶ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) در روش کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن (۲/۰۱ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) در روش کاشت در بالای پشته حاصل شد (جدول ۴). گزارش شده است که در ذرت بیشترین مقدار کلروفیل a با مصرف ۳۰ تن کمپوست بقایای نیشکر و کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن در عدم مصرف کمپوست و کاشت در بالای پشته به دست آمد (Tahmasebi et al., 2022).

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد (جدول ۳). در کلیه سطوح آبیاری، حداکثر مقدار کلروفیل b در روش کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن در روش کاشت در بالای پشته به دست آمد (جدول ۵). تنش خشکی به دلیل محدودیتی که در جذب مواد غذایی در گیاه ایجاد می کند، باعث پلاسیدگی سلول ها، کاهش سطح برگ، کاهش رنگیزه های فتوسنتزی و فرایند فتوسنتز می شود. نتایج یک آزمایش نشان داد که در تربیتکاله در کلیه سطوح آبیاری، بیشترین مقدار کلروفیل a و b در تیمار مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر و کمترین مقدار آنها آن در شرایط عدم مصرف کمپوست حاصل شد (Safi et al., 2021).

نتایج نشان داد که در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن و کاشت در کف جوی، بیشترین مقدار کلروفیل کل و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر مقدار

روش کاشت در بالای پشته به دست آمد (جدول ۴). به نظر می رسد که در روش کاشت در کف جوی به علت استفاده بهتر و طولانی تر گیاه از رطوبت و مواد غذایی، فرار املاح از پیرامون ریشه گیاه و صعود آنها به سمت بالای پشته و احتمالاً بهبود فعالیت های ریزجانداران خاکریزی، اثر منفی تنش شوری تعدیل شده و رشد و توسعه برگ، تولید کلروفیل و سبزیگی برگ افزایش می یابد. نتایج آزمایش طهماسبی و همکاران (Tahmasebi et al., 2022) در خصوص واکنش صفات فیزیولوژیک ذرت دانه ای به روش کاشت و کمپوست بقایای نیشکر نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل برگ در روش کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن در روش کاشت بالای پشته به دست آمد.

نتایج نشان داد که در برهمکنش تیمارهای آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی) و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، حداکثر مقدار کلروفیل a (۳/۰۸ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) بدست آمد و حداقل مقدار آن (۱/۹۲ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به ۱۰۰ درصد کمپوست بود. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم و شدید)، بیشترین میزان کلروفیل a در تیمارهای تلفیقی نیتروژن و کمپوست و کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ درصد کمپوست و ۱۰۰ درصد نیتروژن حاصل شد. به نظر می رسد که در شرایط تنش خشکی، تیمارهای تلفیقی نیتروژن و کمپوست نسبت به تیمارهای شیمیایی و آلی، به دلیل فراهمی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و همچنین حفظ و ماندگاری بهتر رطوبت خاک، باعث افزایش رنگیزه های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a شده باشند. صافی و همکاران (Safi et al., 2021) گزارش کردند که در تربیتکاله در شرایط تنش خشکی، بیشترین مقدار کلروفیل a در تیمار مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد و کمترین

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی ذرت علوفه‌ای در برهمکنش تیمارهای آبیاری و مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر

Table 3. Mean comparison of plant traits and indices of forage maize in interaction effect of irrigation and integrated application of chemical fertilizer and sugarcane

|  |        | residue compost treatments |                           |                                  |                                  |  |                           |                             |   |                           |                                  |                           |
|--|--------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Irrigation   | آبیاری | تغذیه<br>Nutrition         | شاخص سبزی‌نگی برگ<br>SPAD | کلروفیل a                        | کلروفیل b                        | کاروتنوئیدها                           | محتوای آب نسبی<br>RWC (%) | پایداری غشای سلول           | تعداد دانه در ردیف بلال<br>No. grain. row <sup>-1</sup> | وزن بلال: وزن خشک کل گیاه | پروتئین خام<br>Crude protein (%) | ماده خشک قابل هضم         |
|  |        |                            |                           | Chl.a<br>(mg.g <sup>-1</sup> FW) | Chl.b<br>(mg.g <sup>-1</sup> FW) | Carotenoids<br>(mg.g <sup>-1</sup> FW) |                           | Cell membrane stability (%) |   | Ear: total dry wt (%)     |                                  | Digestible dry matter (%) |
| پس از ۳۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (بدون تنش)<br>After 30% depletion of soil available water (non-stress)       |        | N1                         | 49.0a                     | 3.08a                            | 1.02a                            | 1.48a                                  | 81.65b                    | 81.4a                       | 44.3a   | 42.8b                     | 8.2a                             | 85.9a                     |
|  |        | N2                         | 45.2b                     | 2.96a                            | 0.83b                            | 1.45a                                  | 83.53ab                   | 75.6b                       | 39.5bc  | 42.8b                     | 7.3bc                            | 85.3ab                    |
|  |        | N3                         | 42.7c                     | 2.77b                            | 0.78c                            | 1.38bc                                 | 83.36ab                   | 77.0b                       | 41.6ab  | 43.0b                     | 7.8ab                            | 87.0a                     |
|  |        | N4                         | 42.5c                     | 2.08c                            | 0.67c                            | 1.37c                                  | 84.19a                    | 75.5b                       | 36.6c   | 46.2ab                    | 7.2bc                            | 83.41bc                   |
|  |        | N5                         | 39.7d                     | 1.92d                            | 0.59c                            | 1.36c                                  | 76.01c                    | 69.7c                       | 36.3c   | 47.2a                     | 6.8c                             | 81.7c                     |
| پس از ۵۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش ملایم)<br>After 50% depletion of soil available water (moderate stress) |        | N1                         | 40.8b                     | 1.94bc                           | 0.57a                            | 1.66a                                  | 70.1c                     | 62.4c                       | 38.5a   | 42.0ab                    | 7.2c                             | 78.5b                     |
|  |        | N2                         | 45.1a                     | 2.18a                            | 0.59a                            | 1.56b                                  | 71.6b                     | 64.6ab                      | 39.1a   | 42.0ab                    | 7.6bc                            | 80.0b                     |
|  |        | N3                         | 44.4a                     | 2.11ab                           | 0.58a                            | 1.53c                                  | 74.2a                     | 64.5ab                      | 39.1a   | 39.0b                     | 8.5a                             | 83.9a                     |
|  |        | N4                         | 43.7a                     | 2.03abc                          | 0.50b                            | 1.52c                                  | 72.3b                     | 66.8a                       | 37.9a   | 41.5ab                    | 7.8ab                            | 80.3b                     |
|  |        | N5                         | 40.7b                     | 1.91c                            | 0.46c                            | 1.51c                                  | 69.8c                     | 63.8c                       | 33.1b   | 44.7a                     | 7.2c                             | 79.6b                     |
| پس از ۷۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش شدید)<br>After 70% depletion of soil available water (severe stress)    |        | N1                         | 37.3b                     | 1.29d                            | 0.38d                            | 1.73a                                  | 62.2c                     | 34.8c                       | 34.1ab  | 47.4ab                    | 7.3a                             | 67.3b                     |
|  |        | N2                         | 39.1a                     | 1.65bc                           | 0.43bc                           | 1.67b                                  | 64.5b                     | 43.7b                       | 32.9ab  | 47.1ab                    | 7.3a                             | 71.5a                     |
|  |        | N3                         | 39.5a                     | 1.93a                            | 0.50a                            | 1.58c                                  | 68.4a                     | 49.5a                       | 34.7a   | 47.0ab                    | 7.3a                             | 71.3a                     |
|  |        | N4                         | 38.8a                     | 1.85ab                           | 0.47ab                           | 1.57c                                  | 63.4bc                    | 52.5a                       | 32.3b   | 49.0a                     | 6.7ab                            | 72.4a                     |
|  |        | N5                         | 37.0b                     | 1.56c                            | 0.40dc                           | 1.55c                                  | 61.7c                     | 49.7a                       | 29.9c   | 49.7a                     | 6.6b                             | 72.6a                     |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similsr letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

N1: 100% nitrogen, N2: 75% nitrogen+ 25% compost, N3: 50% nitrogen+ 50% compost, N4: 25% nitrogen+ 75% compost and N5: 100% sugarcane residue compost

N1: 100% nitrogen, N2: 75% nitrogen+ 25% compost, N3: 50% nitrogen+ 50% compost, N4: 25% nitrogen+ 75% compost and N5: 100% sugarcane residue compost

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های گیاهی ذرت علوفه‌ای در تیمارهای روش کاشت بذر

Table 4. Mean comparison of plant traits and indices of forage maize in seed sowing method treatments

| روش کاشت بذر<br>Sowing method | شاخص سبزی‌نگی برگ<br>SPAD | کلروفیل a<br>Chl.a (mg.g <sup>-1</sup> FW) | کاروتنوئیدها<br>Carotenoids<br>(mg.g <sup>-1</sup> FW) | محتوای آب نسبی<br>RWC (%) | پایداری غشای سلول<br>Cell membrane stability (%) | تعداد دانه در ردیف<br>No. grain. row <sup>-1</sup> | تعداد ردیف دانه در بلال<br>No. of row.ear <sup>-1</sup> | ماده خشک قابل هضم         |
|-------------------------------|---------------------------|--|--|---------------------------|--|--|---|---------------------------|
|                               |                           |  |  |                           |  |  |   | Digestible dry matter (%) |
| بالای پشته<br>Top of bed      | 40.5b                     | 2.01b                                      | 1.58a  | 71.3b                     | 59.6b  | 35.7b  | 13.1b   | 78.2b                     |
| کف جوی<br>In furrow           | 42.9a                     | 2.16a                                      | 1.52b  | 73.5a                     | 64.7a  | 37.7a  | 13.5a   | 79.2a                     |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similsr letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۵- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل b در برهمکنش تیمارهای آبیاری و روش کاشت ذرت علوفه‌ای

Table 5. Mean comparison of chlorophyll b content of forage maize in interaction effect of irrigation and seed sowing method treatments

| Irrigation   | آبیاری | روش کاشت بذر<br>Sowing method | کلروفیل b<br>Chlorophyll b (mg.g <sup>-1</sup> FW) |
|--|--------|-------------------------------|--|
| پس از ۳۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (بدون تنش)<br>After 30% depletion of soil available water (non-stress)       |        | بالای پشته<br>Top of bed      | 0.74 <sup>b</sup>                                  |
|  |        | کف جوی<br>In furrow           | 0.82 <sup>a</sup>                                  |
| پس از ۵۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش ملایم)<br>After 50% depletion of soil available water (moderate stress) |        | بالای پشته<br>Top of bed      | 0.50 <sup>b</sup>                                  |
|  |        | کف جوی<br>In furrow           | 0.58 <sup>a</sup>                                  |
| پس از ۷۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش شدید)<br>After 70% depletion of soil available water (severe stress)    |        | بالای پشته<br>Top of bed      | 0.41 <sup>b</sup>                                  |
|  |        | کف جوی<br>In furrow           | 0.46 <sup>a</sup>                                  |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند  
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

است. گزارش شده است که در ذرت در روش کاشت در کف جوی باعث افزایش محتوای کلروفیل شد (Davani *et al.*, 2016).

نتایج برهمکنش اثر تیمارهای آبیاری و تغذیه نشان داد که در هر سه تیمار آبیاری، بیشترین محتوای کاروتنوئیدها مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کودی نیتروژن و کمترین مقدار آن مربوط به ۱۰۰ درصد کمپوست بود (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی، محتوای کاروتنوئیدها افزایش یافته و با افزایش شدت تنش، مقدار آن بیشتر شد. در شرایط تنش خشکی، میزان کاروتنوئیدها افزایش می‌یابد تا باعث محافظت از کلروفیل‌ها در برابر اکسیداسیون نوری شود (Kafi *et al.*, 2009). با توجه به اینکه در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و کمپوست و کاملاً آلی، کاهش میزان کاروتنوئیدها احتمالاً به دلیل تامین مناسب رطوبت و عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل a و b بوده است. کایا و همکاران (Kaya *et al.*, 2002) کاهش کلروفیل a، b و افزایش کاروتنوئید ذرت در اثر تنش خشکی را گزارش کرده و اظهار داشتند که کاهش کلروفیل سبب ناکارآمدی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و به تبع آن نقصان رشد و عملکرد گیاه را به دنبال داشت.

کلروفیل کل در تیمار ۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن از ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته حاصل شد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بیشترین مقدار کلروفیل کل در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و کاشت در بالای پشته مشاهده شد (جدول ۶). براساس نتایج به‌دست آمده، در شرایط آبیاری کامل، بیشترین مقدار کلروفیل از تیمار کاملاً شیمیایی و در شرایط تنش خشکی (ملایم و شدید)، تیمارهای تلفیقی شیمیایی و آلی محتوای کلروفیل بیشتری داشتند، اما در کلیه سطوح آبیاری، کاشت در کف جوی نسبت به کاشت در بالای پشته، محتوای کلروفیل بیشتری داشت. در روش کاشت در کف جوی نسبت به روش کاشت در بالای پشته، احتمالاً به‌علت بهره‌مندی بهتر از آب و عناصر غذایی، تعدیل تنش ناشی از یون‌های کلر و سدیم و ایجاد میکروکلیمای مناسب برای ریشه از ابتدا تا انتهای دوره رشد و نمو گیاه، باعث افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد بهتر فتوسنتز گیاه شده

جدول ۶- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل و عملکرد ماده خشک ذرت علوفه‌ای در برهمکنش تیمارهای آبیاری و مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر

Table 6. Mean comparison of total chlorophyll content and total dry yield of forage maize in interaction effect of irrigation and integrated application of chemical fertilizer and sugarcane residue compost treatments

| Irrigation   | آبیاری | تغذیه<br>Nutrition | روش کاشت بذر<br>Sowing method | کلروفیل کل                                   | عملکرد ماده خشک                           |
|--|--------|--------------------|-------------------------------|--|---|
|  |        |                    |                               | Total chlorophyll<br>(mg.g <sup>-1</sup> FW) | Total dry yield<br>(kg.ha <sup>-1</sup> ) |
| پس از ۳۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (بدون تنش)<br>After 30% depletion of soil available water (non-stress)       | N1     |                    | P1                            | 3.91b  | 23877b                                    |
|  |        |                    | P2                            | 4.34a  | 25847a                                    |
|  | N2     |                    | P1                            | 3.69c  | 22692d                                    |
|  |        |                    | P2                            | 3.92b  | 23877b                                    |
|  | N3     |                    | P1                            | 3.41d  | 21526f                                    |
|  |        |                    | P2                            | 3.68c  | 22271e                                    |
|  | N4     |                    | P1                            | 2.64f  | 18472h                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.88e  | 19083g                                    |
|  | N5     |                    | P1                            | 2.46g  | 15725j                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.57g  | 16389i                                    |
| پس از ۵۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش ملایم)<br>After 50% depletion of soil available water (moderate stress) | N1     |                    | P1                            | 2.39cd                                       | 17930d                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.65abc                                      | 18839bc                                   |
|  | N2     |                    | P1                            | 2.68ab                                       | 18210cd                                   |
|  |        |                    | P2                            | 2.87a  | 19326ab                                   |
|  | N3     |                    | P1                            | 2.56bcd                                      | 18499bcd                                  |
|  |        |                    | P2                            | 2.83a  | 20193a                                    |
|  | N4     |                    | P1                            | 2.43bcd                                      | 15925e                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.63abc                                      | 16746e                                    |
|  | N5     |                    | P1                            | 2.32d  | 12256f                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.44bcd                                      | 13085f                                    |
| پس از ۷۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک (تنش شدید)<br>After 70% depletion of soil available water (severe stress)    | N1     |                    | P1                            | 1.60f  | 11025de                                   |
|  |        |                    | P2                            | 1.74ef                                       | 11620cd                                   |
|  | N2     |                    | P1                            | 1.99ced                                      | 11589d                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.19abcd                                     | 12292bc                                   |
|  | N3     |                    | P1                            | 2.35abc                                      | 12780b                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.52a  | 13774a                                    |
|  | N4     |                    | P1                            | 2.24abc                                      | 11121de                                   |
|  |        |                    | P2                            | 2.41ab                                       | 11576d                                    |
|  | N5     |                    | P1                            | 1.88fed                                      | 10242f                                    |
|  |        |                    | P2                            | 2.05bcd                                      | 10865f                                    |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند  
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

N1: ۱۰۰ درصد نیتروژن، N2: ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست، N3: ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست، N4: ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست و N5: ۱۰۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر. P1= بالای پشته و P2= کف جوی

N1: 100% nitrogen, N2: 75% nitrogen+ 25% compost, N3: 50% nitrogen+ 50% compost, N4: 25% nitrogen+ 75% compost and N5: 100% sugarcane residue compost. P1: sowing on top of bed and P2: sowing in furrows

۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر محتوای آب نسبی برگ (۷۴/۲ درصد) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۶۹/۸ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بیشترین محتوای آب نسبی برگ (۶۸/۴

نتایج نشان داد که در برهمکنش تیمارهای آبیاری و تغذیه، آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین محتوای آب نسبی برگ (۸۴/۱ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست حاصل شد و کمترین مقدار آن (۷۶/۰ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد (جدول ۳). در تیمار آبیاری پس از تخلیه

۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی) و تیمار ۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۷۱/۰ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر پایداری غشای سلول (۶۶/۸ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۶۲/۴ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بیشترین مقدار پایداری غشای سلول (۵۲/۵ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۳۴/۸ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن حاصل شد (جدول ۳). نتایج حاصله نشان می‌دهد که تنش خشکی باعث کاهش پایداری غشای سلول شده و هرچه شدت تنش شدیدتر شود، مقدار آن کمتر می‌شود. به نظر می‌رسد که تنش خشکی با اختلال در وضعیت آبی گیاه، باعث پلاسمولیز شدن سلول شده و پایداری غشای سلولی کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که در کلیه سطوح آبیاری (شاهد، تنش ملایم و تنش شدید)، تیمارهای تلفیقی نیتروژن و کمپوست، بیشترین پایداری غشای سلول را داشتند و کمترین مقدار آن غالباً مربوط به تیمارهای کاملاً آلی و شیمیایی بود. این موضوع نشان می‌دهد که تلفیق کود شیمیایی با کمپوست به دلیل برخورداری از عناصر غذایی کافی، نگهداشت بهتر رطوبت و در اختیار قرار دادن تدریجی آن به گیاه، باعث افزایش پایداری غشای سلول شده است. مقایسه میانگین پایداری غشای سلول در تیمارهای روش کاشت (جدول ۴) نشان داد که حداکثر مقدار آن (۷۳/۵ درصد) مربوط به روش کاشت در کف جوی و حداقل آن (۷۱/۳ درصد) مربوط به روش کاشت در بالای پشته بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد

درصد) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۶۱/۷ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد. براساس نتایج این آزمایش تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ شده و با افزایش شدت تنش، مقدار آن کمتر شد. در شرایط تنش خشکی به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، وضعیت آبی مختل شده و محتوای آب نسبی برگ کاهش می‌یابد. اما در این آزمایش مشاهده شد که در کلیه سطوح آبیاری مطلوب و تنش خشکی (ملایم و شدید)، در تیمارهای تلفیقی (نیتروژن + کمپوست) محتوای آب نسبی برگ بیشتر بود و تغذیه تلفیقی باعث کاهش اثر منفی تنش خشکی بر محتوای آب نسبی برگ شد. گزارش شده است که در لوبیا حداکثر محتوای آب نسبی (۸۴/۶ درصد) در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین مقدار آن (۵۲/۹ درصد) در تیمار تنش خشکی (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) بود (Boroujerdnia *et al.*, 2016). در بررسی اثر کمپوست بقایای نیشکر و روش کاشت بر تریپتیکاله در اهواز گزارش شد که در کلیه سطوح آبیاری (شاهد بدون تنش و سطوح تنش خشکی)، بیشترین محتوای آب نسبی برگ در تیمار ۴۰ تن در هکتار کمپوست و کمترین مقدار آن در تیمار عدم مصرف کمپوست بقایای نیشکر به دست آمد (Safi *et al.*, 2021). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر محتوای آب نسبی برگ (۷۳/۵ درصد) از روش کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن (۷۱/۳ درصد) از روش کاشت در بالای پشته به دست آمد (جدول ۴). دوانی و همکاران (Davani *et al.*, 2016) نیز در ارزیابی اثر تنظیم‌کننده‌های رشد و روش کاشت بر شاخص‌های تحمل به شوری ذرت دانه‌ای گزارش کردند که بیشترین محتوای آب نسبی برگ از روش کاشت در کف جویچه‌ها به دست آمد.

نتایج نشان داد که بیشترین پایداری غشای سلول (۸۴/۱ درصد) در برهمکنش تیمار آبیاری پس از تخلیه

تعداد ردیف دانه در بلال نقش مهمی در افزایش عملکرد ذرت دارد. به نظر می‌رسد که فراهمی عناصر غذایی، به خصوص نیتروژن و اثر هم‌افزایی ناشی از مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی از طریق افزایش افزایش سرعت رشد گیاه، بر تعداد ردیف دانه در بلال مؤثر بوده و باعث افزایش آن شده است. در یک آزمایش مربوط به بررسی اثر مصرف تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژن همراه با مصرف کمپوست بقایای نیشکر بر عملکرد و کیفیت ذرت گزارش شد که بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال با مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره+ کود زیستی نیتروکارا و کمترین مقدار آن در تیمار کود زیستی به تنهایی حاصل شد (Marashi and Taleb Zadeh, 2018).

ردیف دانه در بلال (۱۳/۵) مربوط به کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۱۳/۱) مربوط به کاشت در بالای پشته بود (جدول ۴). هوشمند و همکاران (Hooshmand *et al.*, 2014) در آزمایشی با بررسی اثر روش کاشت بر رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط کم‌آبیاری گزارش کردند که بیشترین اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در روش کاشت در کف جوی حاصل شد. مقایسه میانگین تعداد ردیف دانه در بلال در تیمارهای تغذیه (جدول ۷) نشان داد که حداکثر تعداد ردیف دانه در بلال (۱۳/۶) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۱۲/۸) در تیمار ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست به دست آمد.

#### جدول ۷- مقایسه میانگین تعداد ردیف دانه در بلال در تیمارهای تغذیه

Table 7. Mean comparison of number of rows per ear in nutrition treatments

| تغذیه<br>Nutrition | تعداد ردیف دانه در بلال<br>Number of rows per ear |
|--------------------|---|
| N1                 | 13.3a   |
| N2                 | 12.8b   |
| N3                 | 13.6a   |
| N4                 | 13.4a   |
| N5                 | 13.3a   |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. Means in each column followed by similrs letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test  
 N1: ۱۰۰ درصد نیتروژن، N2: ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست، N3: ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست، N4: ۲۵ درصد نیتروژن+ ۷۵ درصد کمپوست و N5: ۱۰۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر  
 N1: 100% nitrogen, N2: 75% nitrogen+ 25% compost, N3: 50% nitrogen+ 50% compost, N4: 25% nitrogen+ 75% compost and N5: 100% sugarcane residue compost

که با سایر سطوح تغذیه تلفیقی به جز ۱۰۰ درصد کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت و حداقل مقدار آن (۳۳/۱ دانه) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بالاترین تعداد دانه در ردیف بلال (۳۴/۷ دانه) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن (۲۹/۹ دانه) در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن به دست آمد. در کلیه سطوح آبیاری (تنش خشکی)، تعداد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال (۴۴/۳ دانه) در برهمکنش تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی) و تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و کمترین مقدار آن (۳۶/۳ دانه) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر تعداد دانه در ردیف بلال (۳۹/۱ دانه) در تیمار ۷۵ درصد نیتروژن+ ۲۵ درصد کمپوست حاصل شد

در ردیف در تیمارهای تغذیه تلفیقی نسبت به شرایط کاملاً شیمیایی و آلی بیشتر بود، بنابراین می توان اظهار کرد که مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن دار (اوره) با کمپوست بقایای نیشکر، با تأمین بهتر عناصر غذایی، به ویژه نیتروژن، همراه با بهبود خصوصیات خاک، شرایط برای افزایش جذب مواد غذایی، افزایش رطوبت قابل دسترس گیاه، بهبود تولید و عرضه مواد پرورده به بلال و افزایش عملکرد دانه فراهم می شود. تیمارهای تغذیه تلفیقی، به ویژه تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست با فراهمی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، می تواند باعث کاهش مصرف کود شیمیایی تا حدود ۵۰ درصد شود. در یک آزمایش مربوط به بررسی اثر کم آبیاری بخشی ریشه و کود آلی ورمی کمپوست بر شاخص های فیزیولوژیک و عملکرد ذرت دانه ای هیبرید ۷۰۴ گزارش شد که استفاده از ورمی کمپوست به صورت تلفیقی با کود شیمیایی باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت شد (Azizpour et al., 2017). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که حداکثر تعداد دانه در ردیف بلال (۳۷/۷ دانه) در تیمار کاشت در کف جوی و حداقل مقدار آن (۳۵/۷ دانه) در روش کاشت در بالای پشته حاصل شد. به نظر می رسد که روش کاشت در کف جوی به علت حفظ رطوبت خاک، کاهش املاح پیرامون ریشه، افزایش رشد و توسعه ساختاری ریشه، باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی و کاهش خسارت به گیاه در مرحله زایشی شده و در نتیجه باعث افزایش تعداد دانه در ردیف بلال شده است. در نتایج یک آزمایش در ذرت دانه ای در شرایط تنش کم آبیاری گزارش شده است که بیشترین تعداد دانه در ردیف و تعداد کل دانه در بلال در روش کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آنها در روش کاشت در وسط پشته به دست آمد (Hooshmand et al., 2014).

نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که در کلیه

تیمارهای آبیاری، بیشترین نسبت وزن بلال به وزن خشک گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست (۴۹/۷ درصد) و کمترین مقدار آن (۳۹ درصد) در تیمارهای تلفیقی نیتروژن و کمپوست، به ویژه تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست به دست آمد (جدول ۳). در تیمارهای با عملکرد ماده خشک بالاتر، نسبت وزن بلال کمتر بوده و بالعکس در تیمارهای با عملکرد ماده خشک پایین تر، نسبت وزن بلال بیشتر بود. به عبارت دیگر در هر سه تیمار آبیاری، تیمارهای آلی باعث بهبود نسبت وزن بلال به ماده خشک شدند. به نظر می رسد که کمپوست بقایای نیشکر از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و هوادهی بهتر به ریشه و افزایش توان جذب آب و نگهداری طولانی مدت آن در خاک، باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تجمع مواد در بلال ها شده است. در آزمایش ورناسری قندعلی و همکاران (Varnaseri Ghandali et al., 2018) گزارش شد که کمترین نسبت وزن گل آذین به ماده خشک در گیاه فالاریس در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی و بیشترین نسبت آن در تیمار آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی به دست آمد که نتایج تحقیق حاضر نیز با آن مطابقت دارد.

افزایش قابلیت هضم از اهداف مهم اصلاح گیاهان علوفه ای است و بالا بودن قابلیت هضم باعث افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی در دام شده و یکی از مهم ترین شاخص های افزایش وزن دام و تولید شیر است (Smith et al., 1997). نتایج تجزیه کیفی علوفه ذرت در برهمکنش تیمارهای آبیاری و تغذیه نشان داد که در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، تیمار کاملاً شیمیایی نیتروژن بیشترین مقدار ماده خشک قابل هضم را داشت و کمترین مقدار آن در تیمار کاملاً آلی مشاهده شد (جدول ۳). در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید، بالاترین میزان قابلیت هضم ماده خشک در تیمارهای تلفیقی، به ویژه تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+

نیروژن قابل دسترس خاک، مقدار پروتئین خام در زیست توده گیاه ذرت کاهش قابل توجهی داشت. مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک در برهمکنش تیمارهای آبیاری، تغذیه و روش کاشت نشان داد که در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک (۲۵۸۴۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیروژن و کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۱۵۷۲۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته حاصل شد. در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر عملکرد علوفه خشک (۲۰۱۹۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۵۰ درصد نیروژن + ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۱۲۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته به دست آمد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، حداکثر عملکرد علوفه خشک (۱۳۷۷۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۵۰ درصد نیروژن + ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۱۰۲۴۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کاشت در بالای پشته حاصل شد. تنش خشکی (ملایم و شدید) در مقایسه با شرایط بدون تنش، باعث کاهش عملکرد علوفه خشک شد، با این وجود در چنین شرایطی، استفاده از روش تغذیه تلفیقی، به ویژه ۵۰ درصد نیروژن + ۵۰ درصد کمپوست، باعث افزایش عملکرد علوفه خشک شد. به طوری که در تیمار تنش خشکی ملایم و شدید، تیمار یاد شده باعث ۱۱/۲ و ۲۰ درصد عملکرد علوفه خشک نسبت به تیمار کاملاً شیمیایی شد. در شرایط آبیاری مطلوب، تغذیه شیمیایی بیشترین عملکرد علوفه خشک را داشت و تغذیه تلفیقی در رتبه های بعدی قرار داشت، اما در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، تغذیه تلفیقی نسبت به تیمارهای کاملاً

۵۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر و پایین ترین مقدار آن در تیمار کاملاً شیمیایی در شرایط تنش شدید مشاهده شد. به نظر می رسد که مصرف تلفیقی کود شیمیایی و آلی از طریق ایجاد شرایط مطلوب برای بهبود فعالیت ریز جانداران خاکری و جذب بهتر عناصر مغذی پرمصرف و کم مصرف، باعث افزایش زیست توده گیاهی و افزایش ماده خشک قابل هضم شده است (Halil *et al.*, 2009). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین مقدار ماده خشک قابل هضم (۷۹/۲ درصد) مربوط به تیمار کاشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۷۸/۲ درصد) در کاشت در بالای پشته بود (جدول ۴). گزارش شده است که صفات کیفی در ذرت تحت تاثیر الگوی کاشت قرار گرفته و بیشترین محتوای نشاسته دانه در روش کاشت در کف جویچه مشاهده شد (Davani *et al.*, 2016).

مقایسه میانگین محتوای پروتئین خام علوفه در برهمکنش تیمارهای آبیاری و تغذیه نشان داد که در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین میزان پروتئین خام در تیمار کاملاً شیمیایی و کمترین مقدار آن در تیمار کاملاً آلی مشاهده شد. در تیمار تنش خشکی ملایم، بیشترین میزان پروتئین خام در تیمارهای تلفیقی، به خصوص تیمار ۵۰ درصد نیروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کمترین مقدار آن در تیمارهای کاملاً شیمیایی و آلی به دست آمد، اما در شرایط تنش خشکی (شدید)، به جز تیمار کاملاً آلی که کمترین میزان پروتئین خام را داشت، سایر تیمارها تفاوت معنی داری با هم نداشتند (جدول ۳). به نظر می رسد که در شرایط تنش خشکی شدید، تیمار کاملاً آلی به علت ذخیره و نگهداشت طولانی تر رطوبت نسبت به تیمارهای کاملاً شیمیایی و تلفیقی، اثر پذیری کمتری از پدیده تنش داشته و همین موضوع باعث کاهش میزان پروتئین خام در این تیمار نسبت به سایر تیمارها شد. لی و همکاران (Li *et al.*, 2010) گزارش دادند که با کاهش سطح

و اجزای عملکرد گندم شد، ولی در شرایط تنش خشکی، مصرف کود دامی و ژئولیت باعث کاهش اثر منفی تنش خشکی شده و عملکرد دانه افزایش یافت. در آزمایش دیگری در بررسی اثر ورمی کمپوست بر عملکرد گندم در شرایط تنش گرمایی انتهایی فصل در اهواز گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در مصرف ۲۰ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد که علت آن افزایش خلل فرج و ذخیره رطوبت بیشتر و پایداری عناصر غذایی و تحریک شدن ریزموجودات سودمند خاک در منطقه فعال ریشه بوده و باعث افزایش جذب عناصر غذایی، توسعه پوشش گیاهی، جذب بیشتر تابش و متعاقبا افزایش فتوسنتز و افزایش دوره پر شدن دانه و در نهایت افزایش عملکرد دانه شد (Seimarizade *et al.*, 2020). در یک آزمایش روی ذرت دانه‌ای در تیمارهای مصرف کمپوست بقیای نیشکر و روش کاشت گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست و روش کاشت در کف جوی حاصل شد (Tahmasebi *et al.*, 2022). صافی و همکاران (Safi *et al.*, 2022) با ارزیابی اثر کمپوست بقیای نیشکر بر رشد و عملکرد دانه تریتیکاله در شرایط تنش خشکی داشتند گزارش کردند که با توجه به اینکه در کمپوست، عناصر غذایی به تدریج آزاد شده و در طول دوره زندگی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و علاوه بر آن هدر روی و از دسترس خارج شدن عناصر غذایی آن کمتر است، حتی در شرایط آبیاری کامل و عدم وجود تنش خشکی، تیمارهای ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقیای نیشکر، باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص سطح برگ، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله گیاه شدند.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در تیمارهای آبیاری کامل (بدون تنش خشکی)، مصرف کود شیمیایی

شیمیایی و آلی، عملکرد بالاتری داشتند. در کلیه سطوح آبیاری، تیمارهای تغذیه تلفیقی ثبات عملکرد مناسب‌تری داشتند، ولی در شرایط تنش خشکی، عملکرد علوفه خشک در تیمار کاملاً شیمیایی کاهش یافته و ثبات عملکرد ثبات کمتری داشت، به طوری که عملکرد علوفه خشک در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی و کاشت در کف جوی در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به تیمار بدون تنش، حدود ۵۲ درصد کمتر بود، ولی عملکرد علوفه خشک در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن+ ۵۰ درصد کمپوست و کاشت در کف جوی در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به تیمار بدون تنش، حدود ۳۹ درصد کمتر بود که این موضوع نشان دهنده این است که مصرف کمپوست بقیای نیشکر با حفظ و ماندگاری رطوبت و سایر خواص مثبت، باعث تعدیل اثر منفی تنش خشکی شد. نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داده است که مصرف کودهای آلی از قبیل کمپوست‌ها به صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی در مقایسه با مصرف جداگانه آنها، رشد و عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد (Varnaseri Ghandali *et al.*, 2018). احتمالاً کمپوست بقیای نیشکر از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی و افزایش میزان هورمون‌های تنظیم کننده رشد و فعالیت ریزسازواره‌های خاک، باعث افزایش رشد و عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و در نتیجه افزایش وزن خشک بوته می‌شود. به نظر می‌رسد که در شرایط آبیاری مطلوب، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ افزایش یافته و باعث ایجاد منابع فیزیولوژیک کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از تابش دریافتی و تولید ماده خشک بیشتر در گیاه می‌شود که این موضوع با نتایج صافی و همکاران (Safi *et al.*, 2021) مطابقت دارد. مشتقی و همکاران (Moshatati *et al.*, 2019) با ارزیابی اثر کود دامی و ژئولیت بر عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد

تنش، مصرف مقادیر بهینه کمپوست بقایای نیشکر به عنوان یک نهاده آلی بوم‌سازگار و روش کاشت در کف جوی می‌تواند باعث بهبود رشد و عملکرد علوفه ذرت در خوزستان شود. این شیوه می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و کاهش هزینه‌های زراعت ذرت شود.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های اجرایی این تحقیق را تامین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

نیترورژن دار باعث افزایش عملکرد علوفه خشک و اغلب صفات فیزیولوژیک در گیاه ذرت شد، اما در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، تیمارهای تلفیقی، به‌ویژه تیمار ۵۰ درصد کود نیترورژن+ ۵۰ درصد کمپوست بقایای نیشکر و کاشت در کف جوی نسبت به تیمارهای کاملاً شیمیایی و آلی و حتی سایر تیمارهای تلفیقی و کشت در بالای پشته، به‌علت فراهمی رطوبت و عناصر غذایی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، باعث کاهش اثر منفی تنش خشکی بر گیاه شد، بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی و کمبود منابع آبی و حتی در شرایط مطلوب و بدون

### References

### منابع مورد استفاده

- Alizadeh, A. 2008.** Soil and Plant Water Relations. Publication of Imam Reza, Mashhad, Iran. [In Persian].
- Amani, N., Sohrabi, Y. and Heidari, G. 2017.** Yield and some physiological characteristics in maize by application of bio and chemical fertilizers under drought levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(2), pp.65-83. [In Persian].
- Arnon, D.I. 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, pp.1-15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Azizpour, S., Shahnazari, A., Ziatabar Ahmadi, M. K. and Karandish, F. 2017.** Evaluation of simultaneous effect of partial root zone drying and vermicompost on some physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.) SC704. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(5), pp.195-209. [In Persian]. <https://doi.org/10.22069/JWSC.2017.12981.2761>
- Boroujerdnia, M., Bihamta, M., Alami-Saeid, Kh. and Abdossi, V. 2016.** Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Pysiology Journal*, 8(29), pp.23-41. [In Persian]. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008403.1395.8.29.2.2>
- Chattha, M. U., Hassan, M. U., Barbanti, L., Chattha, M. B., Khan, I., Usman, M., Ali, A. and Nawaz, M. 2019.** Composted sugarcane by-product press mud cake supports wheat growth and improves soil properties. *International Journal of Plant Production*, 13(2), pp.241-249. <https://doi.org/10.1007/s42106-019-00051-x>
- Davani, D., Nabipour, M. and Roshanfekr, H. 2016.** Effect of auxin, cytokinin and planting pattern on grain yield and salt tolerance indicators of maize. *Journal of Crop Production*, 9(3), pp.191-209. [In Persian]. <https://doi.org/10.22069/ejcp.2016.9613.1747>

- Esmailian, Y., Galavi, M., Amiri, E. and Heidari, M. 2014.** Effect of organic and chemical fertilizers on yield, yield components and seed quality of sunflower under drought stress conditions. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 24(3), pp.175-189. [In Persian].
- Fahong, W., Xuqing, W. and Sayre, K. 2004.** Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. *Field Crops Research*, 87(1), pp.35-42. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.09.003>
- FAO. 2023.** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. FAO, Rome, Italy.
- Gilesm, J. 2004.** Is organic food better for us? *Nature*, 428, pp.796-797.
- Halil, Y., Daci, M. and Tan, M. 2009.** Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(7), pp.1337- 1342. <https://doi=javaa.2009.1337.1342>
- Hooshmand, A., Forotan, M. and Boromandnasab, S. 2014.** Evaluation of deficit irrigation and sowing pattern on yield and water use efficiency of maize (KSC-704). *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 37(3), pp.43-52. DOR:20.1001.1.25885952.1393.37.3.5.7
- Jafari, A., Connolly, V. and Walsh, E. K. 2003.** A note on estimation of quality in perennial ryegrass by Near Infrared Spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 42, pp.293-299.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farrooq, M. and Dmjim, H. 2009.** Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, pp.100-105. ISSN Online: 1814-9596 08-305/IGC-DYT/2009/11-1-100-105. Doi:1814-9596 08-305/IGC-DYT/2009/11-1-100-105.
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2009.** Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Iran. [In Persian].
- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Satali, K. 2002.** Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*, 93(1), 65-74. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00313-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00313-2)
- Kumar, S., Rawat, C. R., Dhar, S. and Rai, S. K. 2005.** Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soilfertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 75(6), pp.340-342.
- Li, H., Li, L., Wegenast, T., Longin, C. F., Xu, X., Melchinger, A. E. and Chen, S. 2010.** Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. *Field Crops Research*, 118(3), pp.208-214. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.05.005>
- Macilwain, C. 2004.** Is organic farming better for the environment? *Nature*, 428, pp.797-798.
- Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N. and Kamgar Haghghi, A. A. 2008.** Effects of moisture stress, nitrogen fertilizer, manure and integrated nitrogen and manure fertilizer on yield, yield components and

- water use efficiency of SC 704 corn. *Journal of Hydrology and Soil Science*, 12(45), pp.417-432. [In Persian]. DOR:20.1001.1.24763594.1387.12.45.35.2
- Marashi, S. K. and Taleb Zadeh, A. 2018.** Effect of chemical and biological nitrogenous and phosphorus fertilizers under sugarcane compost consumption condition on quantitative and qualitative aspects of maize yield (*Zea mays* L.) *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 14(1), pp.1-15. [In Persian].
- Moshatati, A., Khodaei Joghhan, A., Siadat, S. A., Mousavi, S. H. and Rezaei, M. 2019.** The effect of cattle manure and zeolite on bread wheat yield under drought stress condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(4), pp.1179-1188. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2019.2124.1527>
- Nasrolah Alhossini, M., Rahmani, A. and Khavari Khorasani, S. 2014.** Investigation of planting method and plant density on some of morphological traits, yield and yield componenet of sweet corn (*Zea mays* L. Var *Saccharata*) varieties. *Field Crops Research*, 27(103), pp.84-85. [In Persian]. <https://doi.org/10.22092/AJ.2014.101209>
- Norwood, C. A. 2000.** Water use and yield of limited-irrigated and dryland corn. *Journal of Soil Science Society of America*, 64, pp.365-370. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.641365x>
- Rahman, M., Gul, S. and Ahmad, I. 2004.** Effect of water stress on growth and photosynthetic pigments of corn (*Zea mays* L.) cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(4), pp.625-655. Doi:1560-8530/2004/06-4-652-655
- Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. and McNab, A. 2001.** Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMYT.
- Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. and Haloday, A. S. 1990.** Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drough resistance. *Crop Sicence*, 30, pp.105-111. <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x>
- Sabahi, H., Ghalavand, A. and Modares-Sanavi, S. A. M. 2008.** Impacts of fertilization systems on nitrogen loss and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(2), pp.232-237. [In Persian]. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.232.237>
- Safi, S. N., Moshatati, A., Gharineh, M. H. and Khodaei-Joghhan, A. 2021.** The response of physiologic and qualitative traits of triticale to sugarcane residue compost under drought stress condition. *Journal of Crop Production*, 15(2), pp.53-74. [In Persian]. <https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19356.2443>
- Seimarizade, S., Moshatati, A., Bakhshandeh, A., Khodaei Joghhan, A. and Koochekzadeh, A. 2021.** The effect of vermicompost on yield and yield components of wheat under terminal heat stress conditions in Ahwaz. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(4), pp.1139-1145. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2020.3384.1853>
- Siadat, S. A., Modhej, A. and Esfahani, M. 2021.** Cereals (yield physiology, ecological and agronomic). Publication of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. [In Persian].

- Smith, K. F., Reed, K. F. M. and Foot, J. Z. 1997.** An assessment of the relative importance of specific traits for the genetic improvement of nutritive value in dairy pasture. *Grass and Forage Science*, 52, pp.167-175.
- Tahmasebi, M., Gharineh, M. H., Moshatati, A. and Khodaei-Joghan, A. 2022.** The response of morphological and physiological traits and grain yield of corn to planting method and sugarcane residue compost. *Journal of Crop Production*, 12(1), pp.31-44. [In Persian]. <https://doi.org/10.47176/jcpp.12.1.33572>
- Varnaseri Ghandali, V., Moghaddam, P. R. and Khorramdel, S. 2016.** Investigation of yield and yield components of canary seed forage (*Phalaris canariensis* L.) in response to different levels of irrigation, organic and chemical fertilizers and their integration. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 14(3), pp.526-538. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/GSC.V14I3.47508>
- Zare, L., Ronaghi, A., Ghasemi, R. and Mousavi, S. A. 2016.** The effect of vermicompost on reducing the adverse effects of water stress on growth and chemical composition of corn in a calcareous soil. *Journal of Water and Soil Conservation*, 30(5), pp.1607-1619. [In Persian].