

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر محلول پاشی دودآب گیاهی بر رشد و عملکرد دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.)
در شرایط دیم

Effect of foliar application of plant-derived smoke-water on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under rainfed conditions

آمنه اکبرزاده شرفی^۱، سعید جلالی هنرمند^۲، حمیدرضا چقازردی^۳ و محمدآقبال قبادی^۴

چکیده

اکبرزاده شرفی، آ.، س. جلالی هنرمند، ح.ر. چقازردی و م.ا. قبادی. ۱۴۰۳. اثر محلول پاشی دودآب گیاهی بر رشد و عملکرد دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۶ (۱): ۳۴-۱۹.

تنش خشکی یک عامل محدود کننده مهم برای بهره‌وری کشاورزی در سرتاسر جهان محسوب شده و راهکارهای مختلفی برای کاهش اثر سوء تنش خشکی در گیاهان ارائه شده است. کاریکین حاصل از سوزاندن بقایای گیاهی (دودآب)، به‌عنوان یک شبه فیتوهورمون تنظیم کننده رشد و تمایز گیاه در شرایط تنش خشکی شناخته شده است. به‌منظور ارزیابی اثر محلول پاشی برگ‌گی دودآب بر شاخص‌های رشد، عملکرد و برخی از اجزای عملکرد دانه گندم نان، آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام گندم نان دیم (آذر ۲ و ریزا) و محلول پاشی دودآب با غلظت یک در هزار (۱:۱۰۰۰ حجمی/حجمی) در ۱۱ سطح شامل عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی در مراحل برجستگی دوگانه، تشکیل گره دوم، ظهور سنبله، گرده‌افشانی، برجستگی دوگانه + تشکیل گره دوم، ظهور سنبله، برجستگی دوگانه + گرده‌افشانی، تشکیل گره دوم + ظهور سنبله، تشکیل گره دوم + گرده‌افشانی، ظهور سنبله + گرده‌افشانی بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۹۶۰ کیلوگرم در هکتار)، شاخص سطح برگ (۳/۹۶) و شاخص برداشت (۳۶/۱ درصد) در تیمار محلول پاشی در مرحله برجستگی دوگانه + تشکیل گره دوم به‌دست آمد. بیشترین عملکرد زیستی (۸۰۶۰ کیلوگرم در هکتار) در محلول پاشی در مرحله برجستگی دوگانه + ظهور سنبله بود. محلول پاشی در مرحله برجستگی دوگانه + تشکیل گره دوم باعث بهبود عملکرد دانه در ارقام ریزا و آذر ۲ (به‌ترتیب ۳۰ و ۳۴ درصد افزایش نسبت به شاهد) شد. نتایج این تحقیق نشان داد که محلول پاشی دودآب در مرحله رشد زایشی، فناوری کاربردی مناسبی برای بهبود عملکرد دانه گندم در زراعت دیم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برجستگی دوگانه، دودآب، شاخص برداشت، گرده‌افشانی و گندم دیم

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۹

۱- دانشجوی دکتری دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشیار دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: sjhonarmand@razi.ac.ir)

۳- استادیار دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۴- دانشیار دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

Effect of foliar application of plant-derived smoke-water on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under rainfed conditions

Akbarzade Sharafi, A.¹, Jalali Honarmand, S.², Chaghazardi, H.R.³ and Ghobadi, M.E.⁴

ABSTRACT

Akbarzade Sharafi, A., Jalali Honarmand, S., Chaghazardi, H.R. and Ghobadi, M.E. 2024. Effect of foliar application of plant-derived smoke-water on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under rainfed conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 26(1): 19-34. (In Persian).

Introduction: Grain yield of rainfed wheat is very low in Iran. Therefore, it is necessary to investigate and develop crop management techniques for increasing of wheat yield in rainfed areas in Iran. The active compounds in the smoke are butenolide known as Karrikin and Cyanohydrin. Karrikins are small organic chemicals with known bioactive compounds related to the chemical 3-methyl-2H-furo [2,3-c]pyran-2-one. Karrikins are produced through pyrolysis of simple carbohydrates such as xylose, glucose or cellulose. There is evidence that karrikin has potential functions in mediating abiotic stress tolerance in plants. This experiment was carried out to study the effect of foliar application of smoke water derived from plant in different growth stages and identify the suitable time for application and its effect on some characteristics and grain yield of bread wheat in rainfed conditions in Iran.

Materials and Methods: To evaluate the effect of foliar application of plant derived smoke water on the growth characteristics, grain yield and its components of bread wheat a field experiment was carried out in the research field of the agricultural and natural resources campus, Razi University of Kermanshah, Kermansha, Iran in 2019-20 and 2020-21 cropping seasons as factorial arrangement in randomized complete block design with three replications. Experimental treatments included; rainfed bread wheat cultivars (Azer2 and Rijaw) and foliar application of smoke water with concentration of one milliliter per liter equivalent (1:1000 v/v) at eleven levels including no application (control), application in the stages of double ridge, second node detectable, heading, anthesis, double ridge + second node detectable, double ridge + heading, double ridge + anthesis, second node detectable + heading, second node detectable + anthesis and heading + anthesis. Plant height, leaf area index, grain yield, biological yield, number of grain.spike⁻¹, 1000 grain weight were measured and recorded.

Result: The results showed that the highest grain yield (2960 kg.ha⁻¹), leaf area index (3.96), biological yield (8060 kg.ha⁻¹), harvest index (36.1%) in foliar application of smoke water at double ridge + second node detectable stages. Foliar application of smoked water at double ridge+second node detectable stages improved grain yield in cv. Rijaw and cv. Azar2 by 30% and 34%, respectively, compared to control.

Conclusion: The results of this experiment showed that foliar application of smokewater in the reproductive growth stage was crop management technique to increase grain yield of bread wheat in rainfed growing areas in Iran.

Key words: Anthesis, Double ridge, Harvest index, Rainfed wheat and Smoke water

Received: December, 2023

Accepted: February, 2024

1. PhD Student, Razi University, Kermanshah, Iran

2. Associate Prof., Razi University, Kermanshah, Iran (Corresponding author) (Email: sjhonarmand@razi.ac.ir)

3. Assistant Prof., Razi University, Kermanshah, Iran

4. Associate Prof., Razi University, Kermanshah, Iran

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به عنوان مهم ترین گیاه زراعی جهان، غذای حدود دو میلیارد نفر را تامین می کند و افزایش عملکرد آن جهت تامین امنیت غذایی این میزان جمعیت در حال رشد، ضروری است. نتایج تحقیقات نشان داده است که کمبود آب باعث کاهش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در گندم می شود (Sallam *et al.*, 2019).

آتش یک عنصر طبیعی مهم و یک ابزار مهم مدیریتی در بسیاری از بوم نظام ها محسوب می شود. برخی از جنبه های آتش، مانند گرما و رهاسازی سریع مواد مغذی از بافت های سوخته گیاه مورد مطالعه قرار گرفته است. دود حاصل از سوزاندن گیاهان عمدتاً به دو صورت آئروسول (گاز) و دود آب (محلول) در کشاورزی قابل استفاده است. ترکیبات فعال زیستی موجود در دود در آب قابل حل بوده و در غلظت های کم، به عنوان شبه فیتوهورمون ها عمل کرده و باعث بهبود رشد و تمایز گیاه می شود (Govindaraj *et al.*, 2016; Noroozi Shahri *et al.*, 2020). کاربکین یکی از انواع دود آب است که ساختار شیمیایی آن با ساختار استریگولاکتون (یک هورمون درون زای گیاهی) شباهت دارد (Waters and Smith, 2013). دود آب دارای فعالیت شبه سایتوکینینی است (Jain *et al.*, 2008). هر چند سازوکار عمل دود آب هنوز مشخص نیست، لیکن مشخص شده است که باعث افزایش سطح سایتوکینین در گیاه می شود (Aremu *et al.*, 2016). دود آب علاوه بر ترکیبات زیست فعال و ترکیبات فنولیک، حاوی عنصر نیتروژن در شکل های نیترات و آمونیوم است که می تواند به تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه کمک کند. علاوه بر این، بیوسنتز سایتوکینین به وسیله نیترات تنظیم می شود (Takei *et al.*, 2004). دود آب در کشاورزی متداول و ارگانیک قابل استفاده بوده و در شرایط نامطلوب مانند دماهای پایین یا بالا و پتانسیل آبی پایین

خاک، می تواند باعث تقویت گیاه شود. گزارش شده است که دود حاصل از سوزاندن گیاهان علاوه بر کمک به رشد گیاه، باعث محافظت از آن در برابر تنش های غیر زنده می شود (Khatoun *et al.*, 2020). فعالیت زیستی یک ترکیب بوتولیدی به نام 3-alkoxy-5-methyl-2(5H)-furanones برای اولین بار در کلئوپتیل گیاهچه های گندم مورد مطالعه قرار گرفته و اثر تنظیم کنندگی رشدی وابسته به غلظت آن بر رشد گیاهچه گزارش شد (Pepperman and Cutler, 1991). نتایج تحقیقات نشان داده است که محلول پاشی دود آب با غلظت یک درصد، باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه و عملکرد زیستی گندم در مقایسه با شاهد شد (Noroozi Shahri *et al.*, 2017) و در اثر آن افت عملکرد ناشی از کمبود نیتروژن تا حدودی جبران شد (Gholami *et al.*, 2017). در آزمایش مرادی (Moradi, 2018) نیز محلول پاشی دود آب (با غلظت ۱:۵۰۰ حجمی/حجمی)، نتایج مشابهی گزارش شده است، اما در رابطه با اثر محلول پاشی دود آب در شرایط تنش خشکی نتایجی گزارش نشده است.

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر مصرف دود حاصل از بقایای گیاهی بر از ویژگی های زراعی و فیزیولوژیک گیاه گندم و تعیین بهترین زمان برای محلول پاشی دود آب بر عملکرد دانه گندم در شرایط دیم انجام شده است.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال های زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در شرایط دیم به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر، انجام شد. مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش طی دو

از سوزاندن ترکیب بوته‌های خشک گندم و یونجه با نسبت مساوی با استفاده از یک ژنراتور، مبرد و پمپ، از دو مخزن حاوی آب مقطر تا سوختن کامل مواد گیاهی، عبور داده شد. این عمل تا زمانی که که آب مقطر به رنگ تیره و چگال درآید ادامه داده شد. محلول حاصل پس از عبور دادن از صافی به عنوان محلول پایه در نظر گرفته شد. محلول پایه براساس نتایج تحقیقات قبلی (Demir et al., 2012) با استفاده از آب مقطر تا حد غلظت یک در هزار (۱:۱۰۰۰ حجمی / حجمی) رقیق شده و به عنوان تیمار در مراحل مختلف رشد بوته‌های گندم مصرف شد. محلول پاشی با استفاده از سمپاش دستی با نازل سر صاف (باد بزی) و حجم پاشش ۱۰۰ میلی‌لیتر در مترمربع روی اندام‌های هوایی انجام شد. ترکیبات دودآب در جدول ۳ ارائه شده است (Chumpookam et al., 2012).

ارتفاع بوته در مرحله گرده‌افشانی بوته‌های هر کرت از سطح خاک (طوقه) تا نوک بالاترین سنبله، بدون در نظر گرفتن ریشک، اندازه‌گیری شد. بعد از محلول پاشی در مرحله گرده‌افشانی، مساحت برگ‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه‌گیری شده و سپس شاخص سطح برگ محاسبه شد. عملکرد دانه و عملکرد زیستی پس از حذف حاشیه‌ها، با برداشت محصول هر کرت در دهه اول تیر اندازه‌گیری و عملکرد دانه براساس رطوبت حدود ۱۴ درصد ثبت شد. تعداد دانه در سنبله برای هر کرت شمارش و پس از خرمن کوبی، وزن هزار دانه برای هر کرت اندازه‌گیری شد. براساس اطلاعات عملکرد دانه و عملکرد زیستی، شاخص برداشت محاسبه شد.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد. یکنواختی واریانس خطای سال با استفاده از آزمون بارتلت ارزیابی و با توجه به همگنی واریانس خطای آزمایشی، داده‌ها به صورت مرکب تجزیه شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

سال آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام گندم دیم آذر ۲ و ریژاو و محلول پاشی دودآب با غلظت یک در هزار (۱:۱۰۰۰ حجمی / حجمی) در مراحل رشدی گندم در یازده سطح شامل عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی در مراحل برجستگی دوگانه (ZGS 13)، تشکیل گره دوم (ZGS 32)، ظهور سنبله (ZGS 50)، گرده‌افشانی (ZGS65)، برجستگی دوگانه + تشکیل گره دوم، برجستگی دوگانه + ظهور سنبله، برجستگی دوگانه + گرده‌افشانی، تشکیل گره دوم + ظهور سنبله، تشکیل گره دوم + گرده‌افشانی، ظهور سنبله + گرده‌افشانی بودند. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

تناوب زراعی در مزرعه محل اجرای آزمایش به صورت نخود- کاملینا- گندم بود. آماده‌سازی خاک مزرعه شامل خاک‌ورزی اولیه و سپس دیسک و تسطیح در ابتدای پاییز انجام شد. براساس نتایج آزمون خاک، ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع کود سوپرفسفات تریپل)، و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع کود اوره) به خاک داده شد. تمامی کود فسفر و ۵۰ درصد کود نیتروژن در زمان کاشت به خاک اضافه شدند. ۵۰ درصد دوم کود نیتروژن در ابتدای مرحله طویل شدن ساقه به خاک داده شد. بذرها در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۴ متر، به تعداد هشت ردیف، با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و تراکم حدود ۳۰۰ بذر در مترمربع کاشته شدند. تاریخ کاشت در هر دو سال نیمه دوم آبان بود. برای تهیه دودآب دستگاهی بر مبنای نتایج تحقیقات قبلی (VanStaden et al., 2004)، با تغییرات، طراحی شد (شکل ۱). تغییر در طراحی دستگاه به منظور کاهش اتلاف دود حاصل از سوزاندن گیاهان، افزایش مدت زمان ورود دود به آب، کاهش بیشتر دمای دود حاصل از سوخت جهت افزایش انحلال پذیری آن، افزایش سطح تماس ذرات دود با آب و به‌طور کلی، افزایش کارایی تولید محلول پایه دودآب انجام شد. دود حاصل

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹)

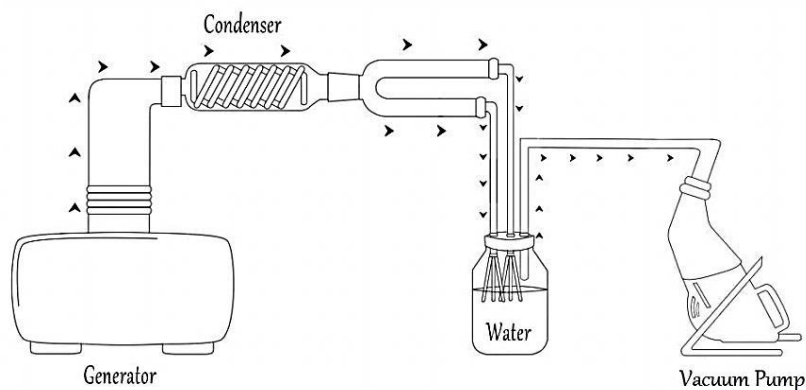
Table 1. Meteorological information of the experiment site (2019-2020 and 2020-2021)

سال Year	Month	ماه	میانگین حداکثر دما Average Max. temperature (°C)	میانگین حداقل دما Average Min. temperature (°C)	بارندگی Precipitation (mm)
۱۳۹۸-۱۳۹۹ 2019-2020	October	مهر	30.5	11.0	15.4
	November	آبان	18.0	3.8	56.1
	December	آذر	12.2	0.5	114.8
	January	دی	11.3	-1.5	25.6
	February	بهمن	9.9	-1.8	43.5
	March	اسفند	16.7	3.7	148.2
	April	فروردین	18.0	4.5	93.3
	May	اردیبهشت	25.4	9.4	40.1
۱۴۰۰-۱۳۹۹ 2020-2021	June	خرداد	34.5	13.2	0.0
	October	مهر	29.0	9.0	8.0
	November	آبان	21.7	5.5	45.3
	December	آذر	11.7	2.4	131.8
	January	دی	12.2	-3.6	7.60
	February	بهمن	13.4	-0.5	93.5
	March	اسفند	14.8	1.1	21.7
	April	فروردین	22.5	5.60	3.8
May	اردیبهشت	30.2	10.6	8.0	
June	خرداد	35.6	13.2	0.0	

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Chemical and physical properties of the soil at the experiment site

بافت خاک Soil texture	عمق خاک Soil depth (cm)	ماده آلی Organic carbon	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	نیتروژن کل N	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
رسی - سیلتی Clay-Silty	0-30	1.6	44.7	2.4	52.9	0.15	360	7.2	0.66	7.8



شکل ۱- طرح دستگاه تهیه دودآب (شماره ثبت اختراع ۹۹۰۱۹)

Fig. 1. Diagram of smoke-water production device (patent number 99019)

"اثر محلول پاشی دودآب گیاهی بر رشد و عملکرد دانه ارقام گندم... اکبر زاده شرفی و همکاران، ۱۴۰۳، ۳۴-۱۹"

جدول ۳- ویژگی های شیمیایی دودآب گیاهی

Table 3. Chemical properties of plant-derived smoke-water

Characteristic	ویژگی	مقدار Value (mg.l ⁻¹)	Characteristic	ویژگی	مقدار Value (mg.l ⁻¹)	Characteristic	ویژگی	مقدار Value
Phosphorus	فسفر	110	Sucrose	ساکارز	42.0	pH		4.6
Potassium	پتاسیم	200	Fructose	فروکتوز	25.0	EC	هدایت الکتریکی	2.17 (mS.cm ⁻¹)
Calcium	کلسیم	2.4	Glucose	گلوکز	71.0	Free amino acids	آمینو اسیدهای آزاد	0.392 (μmol.ml ⁻¹)
Magnesium	منیزیم	0.53	Tartaric acid	اسید تارتاریک	720	Soluble carbohydrates	کربوهیدرات های محلول	1.98 (%)
Manganese	منگنز	0.03	Nitrate	نیترات	2.96	Ethylene	اتیلن	1.7 (nmole C ₂ H ₄ .ml ⁻¹ SW)
Zinc	روی	0.52	Sulfate	سولفات	309.8			
Boron	بور	6.51	Ammonium	آمونیم	6135			
Fluorine	فلورین	85.2						
Chlorine	کلر	12.1						
Total phenols	فنول کل	1471						

نتایج و بحث

آمد که این موضوع با نتایج آزمایش فرهنگت و همکاران (Farhat *et al.*, 2021) مبنی بر کاهش ارتفاع بوته گندم در شرایط کمبود آب همخوانی دارد. کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی به دلیل از دست دادن آب پروتوپلاسم و کاهش آماس که باعث کاهش تقسیمات سلولی و کاهش تعداد و اندازه سلولها می شود، می باشد (Mehraban *et al.*, 2019). نتایج یک آزمایش نشان داد که تیمار بذرها گندم با دود (به صورت آئروسل) (به مدت یک و دو ساعت)، باعث افزایش طول اندام هوایی گیاهچه (۱۱/۷ درصد) نسبت به شاهد شد (Iqbal *et al.*, 2018). بر این اساس به نظر می رسد استفاده از دود آب باعث افزایش ارتفاع بوته گندم می شود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال، محلول پاشی دود آب و رقم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش سال و رقم در سطح احتمال پنج درصد، بر ارتفاع بوته ارقام گندم معنی دار بود. ارتفاع بوته در رقم ریژا (۶۳/۱ سانتی متر) و در رقم آذر ۲ (۵۹/۵ سانتی متر) بود. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در سال اول (۷۶ سانتی متر) مربوط به محلول پاشی دود آب در مرحله برجستگی دو گانه + تشکیل گره دوم و در سال دوم (۵۲/۱ سانتی متر) مربوط به محلول پاشی دود آب در مرحله تشکیل گره دوم + ظهور سنبله بود (جدول ۴). کمترین ارتفاع بوته در تیمار عدم محلول پاشی بدست

جدول ۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای سال و محلول پاشی دود آب

Table 4. Mean comparison of plant height of wheat cultivars in interaction of year and foliar application of smoke-water treatments

سال Year	Foliar application treatments Growth stages	تیمارهای محلول پاشی مراحل رشد	ارتفاع بوته Plant height (cm)
۱۳۹۹-۱۳۹۸ 2019-2020	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	68.6e
	Double ridge	برجستگی دو گانه	72.1bcd
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	75.9a
	Heading	ظهور سنبله	72.4bcd
	Anthesis	گرده افشانی	74.5ab
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	76.0a
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	72.0bcd
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	72.1bcd
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	71.4d
	2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	74.3abc
Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	71.6cd	
۱۴۰۰-۱۳۹۹ 2020-2021	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	47.5h
	Double ridge	برجستگی دو گانه	49.3gh
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	49.9f-h
	Heading	ظهور سنبله	48.5gh
	Anthesis	گرده افشانی	49.9f-h
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	51.1fg
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	49.4gh
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	49.3gh
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	52.1f
	2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	50.59g
Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	49.1gh	

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

(2019) مبنی بر کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش خشکی هم‌خوانی دارد. تنش خشکی به دلیل پیری زودرس گیاه، باعث کاهش شاخص سطح برگ می‌شود. کاهش سرعت پیری برگ، به‌ویژه در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده و بهبود روابط منبع و مخزن شده و باعث بهبود عملکرد دانه در گندم می‌شود (Joshi *et al.*, 2019). به‌نظر می‌رسد که دودآب با تاخیر در سرعت پیری برگ و فراهمی مواد پرورده مورد نیاز برگ، باعث افزایش شاخص سطح برگ و بهبود عملکرد دانه گندم می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال و برهمکنش محلول پاشی دودآب و رقم در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ ارقام گندم معنی‌دار بود. بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ برای رقم ریژاو (۳/۹۶) و برای رقم آذر ۲ (۳/۶۴) در محلول پاشی در مرحله برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم بود (جدول ۵). میزان شاخص سطح برگ در سال اول (۳/۲۶) و سال دوم (۲/۹۴) بود (جدول ۶). کم‌ترین مقدار شاخص سطح برگ در تیمار عدم محلول پاشی بدست آمد که با نتایج ظهیر و همکاران (Zaheer *et al.*,

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای رقم و محلول پاشی دودآب

Table 5. Mean comparison of leaf area index of wheat cultivars in interaction of cultivar and foliar application of smoke-water treatments

ارقام گندم Wheat cultivars	Foliar application treatments Growth stages	تیمارهای محلول پاشی مراحل رشد	شاخص سطح برگ leaf area index
آذر ۲ Azar2	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	2.50i
	Double ridge	برجستگی دو گانه	3.25c
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	3.0ed
	Heading	ظهور سنبله	2.88fg
	Anthesis	گرده افشانی	2.94d-f
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	3.64b
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	2.78gh
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	3.22c
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	3.01ed
	2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	3.03d
Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	2.45i	
ریژاو Rijaw	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	2.67h
	Double ridge	برجستگی دو گانه	3.29b
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	3.68b
	Heading	ظهور سنبله	3.01de
	Anthesis	گرده افشانی	2.90e-g
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	3.96a
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	3.21c
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	3.74b
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	3.18c
	2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	2.96d-f
Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	2.92d-f	

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل اختلاف 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

جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ ارقام گندم در تیمارهای محلول پاشی دودآب

Table 6. Mean comparison of leaf area index of wheat in year

Year	سال	شاخص سطح برگ leaf area index
2019-2020	۱۳۹۹-۱۳۹۸	3.26a
2020-2021	۱۴۰۰-۱۳۹۹	2.94b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل اختلاف 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

تعداد دانه در سنبله در شرایط کمبود آب هم‌خوانی دارد. با توجه به اینکه تعداد دانه‌ها در سنبله (تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد گلچه در سنبلچه) در مرحله پیش از گرده‌افشانی که مصادف با مرحله برجستگی دوگانه در مریستم انتهایی گندم است، شکل می‌گیرد (Jalali Honarmand *et al.*, 2016)، به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی دودآب با فعالیت شبه‌سایتوکینی در مرحله برجستگی دوگانه و تشکیل گره دوم، باعث بهبود آغاز سنبلچه‌های بارور می‌شود. به علاوه در مرحله ظهور سنبله نیز دودآب به دلیل دارا بودن نیتروژن باعث کاهش رقابت دانه‌ها برای جذب مواد پرورده شده و با جلوگیری از سقط گلچه‌ها، باعث تاثیر مثبت بر تعداد دانه‌ها در سنبله و عملکرد دانه می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش سال و محلول‌پاشی دودآب و رقم بر تعداد دانه در سنبله ارقام گندم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله برای رقم ریژاو در سال اول (۳۹) و در سال دوم (۲۷/۳) در تیمار محلول‌پاشی در مرحله برجستگی دوگانه و برای رقم آذر ۲ در سال اول (۳۷/۳) و در سال دوم (۲۴/۷) در تیمار محلول‌پاشی در مرحله برجستگی دوگانه+تشکیل گره دوم بدست آمد (شکل ۲). به نظر می‌رسد که تفاوت در میزان بارندگی در دو سال، باعث ایجاد این تفاوت بوده باشد. کم‌ترین تعداد دانه در سنبله در تیمار عدم محلول‌پاشی بدست آمد که این موضوع با نتایج فرهنگ و همکاران (Farhat *et al.*, 2021) مبنی بر کاهش



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای سال، رقم و زمان محلول‌پاشی دودآب

Fig. 2. Mean comparison of number of grain.spike⁻¹ of wheat cultivars in interaction of year, cultivar and foliar

application of smoke-water treatments

a: عدم محلول‌پاشی (شاهد)، b: برجستگی دوگانه، c: تشکیل گره دوم، d: ظهور سنبله، e: گرده‌افشانی، f: برجستگی دوگانه+تشکیل گره دوم، g: برجستگی دوگانه+ظهور سنبله، h: برجستگی دوگانه+گرده‌افشانی، i: تشکیل گره دوم+ظهور سنبله، j: تشکیل گره دوم+گرده‌افشانی، k: ظهور سنبله+گرده‌افشانی
A; No foliar application (Control), b; Double ridge, c; 2nd node detectable, d; Heading, e; Anthesis, f; Double ridge+ 2nd node detectable, g; Double ridge+ Heading, h; Double ridge+ anthesis, I; 2nd node detectable+ heading, j; 2nd node detectable+ anthesis, k; Heading+ anthesis

سال، محلول‌پاشی دودآب و رقم بر وزن هزار دانه ارقام

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که

گندم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. وزن هزار دانه ارقام گندم در سال اول (۲۹/۵ گرم) و سال دوم (۲۰/۴ گرم) بود. بیشترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار محلول پاشی در مرحله گرده افشانی (۲۶/۸ گرم) بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۲۲/۲ گرم)، ۲۱ درصد بیشتر بود (جدول ۷). وزن هزار دانه در گندم رقم ریژاو (۲۵/۹ گرم) به میزان هشت درصد از رقم آذر ۲ (۲۴ گرم) بیشتر بود. کمترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار عدم محلول پاشی بدست آمد که با نتایج آزمایش هنیان و همکاران (Henian et al., 2020) مبنی بر کاهش وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی همخوانی دارد. یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه، وزن هزار دانه است. این صفت نشان‌دهنده مقدار مواد پرورده انتقال یافته و انباشته شده در دانه است. وزن هزار دانه عمدتاً وابسته به خصوصیات ژنتیکی رقم بوده که تحت تأثیر شرایط محیطی در طول دوره پر شدن دانه نیز قرار می‌گیرد (Guarda et al., 2004). گزارش شده است که کمبود آب باعث افزایش نسبت پروتئین به نشاسته در واحد حجم دانه می‌شود. این موضوع باعث کوچک‌تر شدن اندازه دانه‌ها، کاهش وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Suneja et al., 2015). کمبود آب باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید مواد پرورده (محدودیت منبع) که برای رشد دانه‌ها ضروری است، می‌شود. کمبود آب در طول مرحله پر شدن دانه نیز از طریق کاهش اندازه دانه (محدودیت مخزن)، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. به نظر می‌رسد محلول پاشی دودآب با افزایش تقسیمات سلولی در مخازن فیزیولوژیک، باعث افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم، اندازه مخزن، قدرت مخزن و افزایش تقاضا جهت دریافت مواد پرورده در دانه‌ها می‌شود. افزایش وزن هزار دانه در تیمارهای محلول پاشی دودآب با یافته‌های مرادی (Moradi, 2018) نیز مطابقت دارد.

جدول ۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه ارقام گندم در تیمارهای محلول پاشی دودآب

Table 7. Mean comparison of 1000 grain weight of wheat cultivars in foliar application of smoke-water

treatments		
Foliar application treatments	تیمارهای محلول پاشی	وزن هزار دانه
Growth stages	مراحل رشد	1000 Grain weight (g)
No foliar application (Control)	عدم محلول پاشی (شاهد)	22.2f
Double ridge	برجستگی دوگانه	24.2e
2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	24.4e
Heading	ظهور سنبله	25.3cd
Anthesis	گرده افشانی	26.8a
Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دوگانه + تشکیل گره دوم	26.3ab
Double ridge+Heading	برجستگی دوگانه + ظهور سنبله	24.2e
Double ridge+Anthesis	برجستگی دوگانه + گرده افشانی	25.6bc
2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم + ظهور سنبله	24.4e
2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم + گرده افشانی	24.6ed
Heading+Anthesis	ظهور سنبله + گرده افشانی	25.9bc

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

گندم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به رقم ریژاو بود که در سال اول (۳۰۷۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، محلول پاشی دودآب و رقم و برهمکنش سال و رقم و همچنین محلول پاشی و رقم بر عملکرد دانه ارقام

کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۹). بیشترین مقدار عملکرد زیستی مربوط به رقم ریژاو (۸۰۶۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلولپاشی در مرحله برجستگی دوگانه+ ظهور سنبله و برای رقم آذر ۲ (۶۴۲۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلولپاشی در مرحله برجستگی دوگانه + تشکیل گره دوم بود که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلولپاشی) به ترتیب ۲۴ و ۲۷ درصد بیشتر بود (جدول ۱۰). کمترین مقدار عملکرد زیستی در تیمار عدم محلولپاشی بدست آمد که با نتایج آزمایش ناگار و همکاران (Nagar et al., 2015) مبنی بر کاهش عملکرد زیستی گندم در شرایط کمبود آب همخوانی دارد. افزایش عملکرد زیستی در تیمارهای محلولپاشی دودآب در شرایط کمبود آب ممکن است به دلیل اثر فیتوهورمونی دودآب در به تأخیر افتادن پیری برگ باشد. افزایش دوام سطح برگ، باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی در طی فصل رشد و افزایش تولید ماده خشک گیاهی خواهد شد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، محلولپاشی دودآب، رقم و برهمکنش محلولپاشی و رقم بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار شاخص برداشت در سال اول (۳۷/۶ درصد) و در سال دوم (۲۷/۷ درصد) بود. بیشترین مقدار شاخص برداشت مربوط به رقم ریژاو (۳۶/۱ درصد) در تیمار محلولپاشی در مرحله برجستگی دوگانه+ تشکیل گره دوم و برای رقم آذر ۲ (۳۳/۹ درصد) در تیمار محلولپاشی در مرحله برجستگی دوگانه + ظهور سنبله بود که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلولپاشی) به ترتیب ۱۷ و ۱۴ درصد افزایش داشت (جدول ۱۰). کمترین مقدار شاخص برداشت در تیمار عدم محلولپاشی بدست آمد که با نتایج آزمایش سالام و همکاران (Sallam et al., 2019) مبنی بر کاهش عملکرد زیستی گندم و جو در شرایط تنش خشکی همخوانی دارد. کاهش شاخص برداشت عمدتاً به دلیل

سال دوم (۲۱۴۰ کیلوگرم در هکتار)، ۳۲ درصد بیشتر بود (جدول ۹). بیشترین مقدار عملکرد دانه رقم ریژاو (۲۹۶۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم آذر ۲ (۲۴۳۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلولپاشی در مرحله برجستگی دوگانه+ تشکیل گره دوم بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلولپاشی) به ترتیب ۳۲ و ۳۴ درصد بیشتر بودند (جدول ۱۰). کمترین مقدار عملکرد دانه در تیمار عدم محلولپاشی بدست آمد که با نتایج آزمایش (Shehab-Eldeen and Farhat, 2020) مبنی بر کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط کم آبیاری همخوانی دارد. پایین بودن عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی عمدتاً به دلیل کاهش اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه است (Abd El-Rady and Koubisy, 2023). احتمال داده می‌شود که افزایش عملکرد دانه در تیمار محلولپاشی در مراحل برجستگی دوگانه و تشکیل گره دوم که هنوز رشد سریع گیاه آغاز نشده، باعث کمک به فراهمی مواد پرورده جهت هر چه بهتر طی شدن آغاز سنبله‌های بارور می‌شود. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2014) نیز گزارش کرده‌اند که محلولپاشی دودآب با افزایش صفات مطلوب زراعی، باعث افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، محلولپاشی دودآب و رقم و برهمکنش سال و محلولپاشی، برهمکنش سال و رقم و برهمکنش محلولپاشی و رقم بر عملکرد زیستی ارقام گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار عملکرد زیستی در سال اول (۸۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلولپاشی در مرحله تشکیل گره دوم + ظهور سنبله و در سال دوم (۵۶۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلولپاشی در مرحله برجستگی دوگانه+ ظهور سنبله بدست آمد (جدول ۸). بیشترین مقدار عملکرد زیستی مربوط به رقم ریژاو در سال اول (۸۰۷۰ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم (۵۷۱۰

کاهش عملکرد دانه است. شاخص برداشت نشان دهنده چگونگی توزیع مواد پرورده فتوسنتزی بین بخش‌های رویشی و زایشی گیاه است. نتایج تحقیقات نشان داده است که محلول پاشی دودآب باعث افزایش شاخص برداشت در گندم شده است (Mousavi et al., 2014).

افزایش شاخص برداشت نشان دهنده افزایش انتقال و تبدیل عملکرد زیستی به عملکرد اقتصادی است و احتمال داده می‌شود که محلول پاشی دودآب، با وجود شرایط کمبود آب، باعث افزایش شاخص برداشت می‌شود.

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد زیستی ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای سال و محلول پاشی دودآب

Table 8. Mean comparison of biological yield of wheat cultivars in interaction of year and foliar application of smoke-water treatments

سال Year	Foliar application treatments Growth stages	تیمارهای محلول پاشی مراحل رشد	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha ⁻¹)
۱۳۹۹-۱۳۹۸ 2019-2020	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	6270f
	Double ridge	برجستگی دو گانه	7800ab
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	6590de
	Heading	ظهور سنبله	6640d
	Anthesis	گرده افشانی	6260f
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	7960a
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	7980a
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	7610b
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	8030a
	2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	7010c
	Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	6370ef
۱۴۰۰-۱۳۹۹ 2020-2021	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	4410j
	Double ridge	برجستگی دو گانه	5400g
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	4740i
	Heading	ظهور سنبله	4760hi
	Anthesis	گرده افشانی	4400j
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	5510g
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	5650g
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	5580g
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	5500g
	2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	5030h
	Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	4450j

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

جدول ۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه و عملکرد زیستی ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای سال و رقم در تیمارهای محلول پاشی دودآب

Table 9. Mean comparison of grain yield and biological yield of wheat cultivars in interaction of year and cultivar in foliar application of smoke-water treatments

سال Year	ارقام گندم Wheat cultivars	عملکرد دانه Grain yield (t.ha ⁻¹)	عملکرد زیستی Biological yield (t.ha ⁻¹)
۱۳۹۹-۱۳۹۸	Azar2 آذر ۲	2290b	6210b
2019-2020	Rijaw ریژاو	3070a	8070a
۱۴۰۰-۱۳۹۹	Azar2 آذر ۲	1600d	4360d
2020-2021	Rijaw ریژاو	2140c	5710c

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

جدول ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای رقم و محلول پاشی دودآب

Table 10. Mean comparison of grain yield, biological yield and harvest index of wheat cultivars in interaction of cultivar and foliar application of smoke-water treatments

ارقام گندم Wheat cultivars	Foliar application treatments		عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت
	Growth stages	تیمارهای محلول پاشی	Grain yield (kg.ha ⁻¹)	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	Harvest index (%)
آذر ۲ Azar2	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	1610m	4710k	29.3i
	Double ridge	برجستگی دو گانه	2080ij	5850h	30.6f-i
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	1750k	4680k	32.3c-f
	Heading	ظهور سنبله	1700kl	4880k	29.9h-g
	Anthesis	گرده افشانی	1570mn	4310l	31.4e-i
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	2430f	6420d-f	32.7c-f
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	2190gh	5570ij	33.9a-d
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	2140hi	5750hi	32.0d-g
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	2210gh	5930gh	32.1d-g
	2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	1990j	5460j	31.3e-i
ریژاو Rijaw	Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	1780k	4630k	33.0b-e
	Control (No foliar application)	عدم محلول پاشی (شاهد)	2070ij	5980gh	29.7hi
	Double ridge	برجستگی دو گانه	2790b	7360b	32.6c-f
	2 nd node detectable	تشکیل گره دوم	2620ed	6660d	33.8b-d
	Heading	ظهور سنبله	2520ef	6530de	30.7f-i
	Anthesis	گرده افشانی	2270g	6360ef	33.1b-e
	Double ridge+2 nd node detectable	برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم	2960a	7060c	36.1a
	Double ridge+Heading	برجستگی دو گانه+ظهور سنبله	2780b	8060a	29.7hi
	Double ridge+Anthesis	برجستگی دو گانه+گرده افشانی	2740bc	7450b	31.6d-h
	2 nd node detectable+Heading	تشکیل گره دوم+ظهور سنبله	2790b	7620b	31.6e-h
2 nd node detectable+Anthesis	تشکیل گره دوم+گرده افشانی	2640cd	6580ed	34.5a-c	
Heading+Anthesis	ظهور سنبله+گرده افشانی	2540ed	6190fg	35.2ab	

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

نتیجه گیری

و ۳۴ درصد افزایش نسبت به شاهد) و ۱۷ درصدی شاخص برداشت در رقم ریژاو شد. در این تحقیق بهترین مرحله برای محلول پاشی دودآب در مرحله برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم شناخته شد. هر چند سازوکار دقیق محلول پاشی دودآب هنوز مشخص نیست، لیکن به نظر می رسد که دودآب از طریق افزایش سطح سایتو کینین یا فراهمی مواد پرورده در درون پیکر گیاه، باعث بهبود کارکردهای گیاه می شود. اهمیت بهبود کارکردهای گیاه، به خصوص در شرایط دیم و کمبود رطوبت، اجرای تحقیقات بیشتر را برای استفاده از این فناوری در زراعت دیم را ضروری می سازد.

نتایج این آزمایش نشان داد که صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد تحت تاثیر تیمارهای محلول پاشی دودآب افزایش یافتند. نتایج نشان داد که پایین بودن عملکرد دانه در شرایط کمبود آب عمدتاً به دلیل کاهش اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه ارقام گندم بود و محلول پاشی دودآب با تاثیر مثبت بر برخی از اجزای عملکرد، تا حدودی باعث رفع نقصان عملکرد دانه ارقام گندم شد، به گونه ای که محلول پاشی در مرحله برجستگی دو گانه+تشکیل گره دوم باعث بهبود عملکرد دانه در ارقام ریژاو و آذر ۲ (به ترتیب ۳۰

منابع طبیعی دانشگاه رازی برای تامین امکانات اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می شود.

سپاسگزاری
بدین وسیله از حمایت های پردیس کشاورزی و

References

منابع مورد استفاده

- Abd El-Rady, A.G. and Koubisy, Y.S.I. 2023.** Evaluation of some bread wheat genotypes for grain yield and components under water stress conditions. *Egypt Journal Agricultural Research*, 101(1), pp.110-118. <https://dx.doi.org/10.21608/ejar.2023.174635.1300>
- Aremu, O., Plackova, L. Novak, O. Strik, W.A. Dolezal, K. and VanStaden, J. 2016.** Cytokinin profiles in ex vitro acclimatized *Eucomis autumnalis* plants pre-treated with smoke-derived karrikinolide. *Plant Cell Reports*, 35, pp.227-238. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1881-y>
- Chumpookam, J., Lin, H.L. Shiesh, C.C. and Ku, K.L. 2012.** Effect of smoke-water on seed germination and resistance to *Rhizoctonia solani* inciting Papaya damping-off. *Horticulture NCHU*, 34 (1), pp.13-29. <https://hort.nchu.edu.tw/public/ckfinder/files/2-%E9%99%B3%E6%B9%84%E7%A6%8E%E8%88%88%E5%A4%A7%E5%9C%92%E8%97%9D-37-1-2-MJT-E4%BF%9D%E5%85%A8.pdf>
- Demir, I., Ozuaydin, F. Yasar, J. and VanStaden, J. 2012.** Effect of smoke-derived butenolide priming treatment on pepper and salvia seeds in relation to transplant quality and catalase activity. *South African Journal of Biotechnology*, 78, pp.83-87. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.05.009>
- Farhat, W.Z.E., Khedr Rania, A. and Shaaban Shima, A. 2021.** Response of some agronomic, physiological and anatomical characters for some bread wheat genotypes under water deficit in north delta region. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), pp.145-160. <https://doi.org/10.21608/sjas.2021.97378.1156>
- Gholami, B., Noroozi Shahri, F. Mondani, F. Jalali Honarmand, S. and saeedi, M. 2017.** Evaluation of some growth indices and grain yield in the wheat in response to urea fertilizer and smoke-water. *Journal of Crop Improvement*, 20(3), pp.609-626. [In Persian]. <http://dx.doi.org/10.22059/jci.2018.250390.1929>
- Govindaraj, M., Masilamani, P. Alex Albert, V. and Bhaskaran, M. 2016.** Plant derived smoke stimulation for seed germination and enhancement of crop growth: A review. *Agricultural Reviews*, 37(2), pp.87-100. <http://dx.doi.org/10.18805/ar.v37i2.10735>
- Guarda, G., Padovan, S. and Delogu, G. 2004.** Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread- wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*, 21, pp.181-192. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.08.001>
- Henian, M., Bakheit, B.R. Ali, M.B.M. El-Morshidy, M.A. and Amro, A.M. 2020.** Assessment of bread wheat genotypes under normal irrigation and water stress. *Assiut Journal of Agricultural Science*, 51(1), pp.26-26. <https://doi.org/10.21608/ajas.2020.104146>
- Jain, N., Stirk, W.A. and Van Staden, J. 2008.** Cytokinin-and auxin-like activity of a butenolide isolated from

- plant-derived smoke. *South African Journal of Botany*, 74, pp.327-331.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2007.10.008>
- Iqbal, M., Asif, S. Ilyas, N. Hassan, F. Raja, N.I. Hussain, M. Ejaz, M. and Saira, H. 2018.** Smoke produced from plants waste material elicits growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving morphological, physiological and biochemical activity. *Biotechnology Reports*, 17, pp.35-44.
<https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.12.001>
- Jalali Honarmand, S., Rasaei, A. Saeidi, M. Ghobadi, M. and Khanizadeh, S. 2016.** Impact of foliar application of growth hormones at stages of yield components formation of two wheat cultivars under dry-land conditions. *Crop Physiology Journal*, 8(29), pp.43-57. [In Persian] <https://sid.ir/paper/497124/fa>
- Joshi, S., Choukimath, A. Isenegger, D. Panozzo, J. Spangenberg, G. and Kant, S.2019.** Improved wheat growth and yield by delayed leaf senescence using developmentally regulated expression of a cytokinin biosynthesis gene. *Frontiers in Plant Science*, 10, pp.1285.<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01285>
- Khatoon, A., Rehman, Sh.U. Aslam, M.M. Jamil, M. and Komatsu, S. 2020.** Plant-derived smoke affects biochemical mechanism on plant growth and seed germination. *International Journal of Molecular Sciences*. 21, 7760, pp.1-25. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms21207760>
- Mehraban, A., Tobe, A. Gholipouri, A. Amiri, E. Ghafari, A. and Rostaii, M. 2019.** The effects of drought stress on yield, yield components, and yield stability at different growth stages in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(2), pp.739-746.
<https://doi.org/10.15244/pjoes/85350>
- Moradi, J. 2018.** The effect of using water vapor and nitrogen fertilizer on ecological and physiological characteristics of irrigated wheat. M.Sc. Thesis of Agronomy. Razi University of Kermanshah. [In Persian]. <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/42fcb9b3ca640dd0150bfbf4754b186f>
- Mousavi, S.S., Abdollahi, M.R. Mazaheri Laqeb, H.A. and Mehrshad, B. 2014.** The effect of aqueous extract of plant smoke on some above-ground and below-ground traits of winter wheat. *Plant Production (Agricultural Scientific Journal)*,37(1), pp.81-91. [In Persian]. <https://plantproduction.scu.ac.ir>
- Nagar, S., Ramakrishnan, S. Singh, V.P. Singh, G.P. Dhakar, R. Umesh, D.K and Arora, A. 2015.** Cytokinin enhanced biomass and yield in wheat by improving N-metabolism under water limited environment. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(1), pp.31-38.
<https://www.researchgate.net/publication/276830881>
- Noroozi Shahri, F., Gholami, B. Jalali Honarmand, S. Mondani, F. and Saeedi, M. 2017.** The effect of smoke-water and nitrogen fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L.) ecophysiological traits. *Iranian Agricultural Research Journal*, 16(2), pp.459-475. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/gsc.v16i2.66520>
- Noroozi Shahri, F., Jalali Honarmand, S. Saeidi, M. and Mondani, F. 2020.** Evaluation of growth phytohormones and different concentrations of plant derived smoke applications on growth characteristics

and biological yield of medicinal plants lemon balm and basil. *Journal Crop Improvement*, 22(1), pp.89-102.

[In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jci.2019.280801.2211>

Pepperman, A.B. and Cutler, H.G. 1991. Plant-growth-inhibiting properties of some 5-alkoxy-3-methyl 2(5h)-furanones related to strigol. *ACS Symposium Series*, 443, pp.278-287.

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bk-1991-0443.ch023>

Sallam, A., Alqudah, A.M. Dawood, M.F. Baenziger, P.S. Börner, A. 2019. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(13). pp.3137. <https://doi.org/10.3390/ijms20133137>

Shehab-Eldeen, M.T. and Farhat, W.Z.E. 2020. Response of some exotic bread wheat genotypes to reduced irrigation in north delta region of Egypt. *Egyptian Journal of Plant Breeding*, 24(4), pp.799-821. <https://ejpb.journals.ekb.eg/?action=export&rf=enw&rc=170588>

Suneja, Y., Gupta, A.K. Sharma, A. and Bains, N.S. 2015. Differential response of wild and cultivated wheats to water deficits during grain development: changes in soluble carbohydrates and invertases. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 21(2), pp.169–177. <https://doi.org/10.1007%2Fs12298-015-0283-5>

Takei, K., Ueda, N. Aok, K. Kuromori, T. Hirayama, T. Shinozaki, K. Yamaya, T. and Sakakibara, H. 2004. AtIPT3 is a key determinant of nitrate-dependent cytokinin biosynthesis in Arabidopsis. *Plant and Cell Physiology*, 45, pp.1053-1062. <https://doi.org/10.1093/pcp/pch119>

VanStaden, J., Jager, A.K. Light, M.E. and Burger, B.V. 2004. Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. *South African Journal of Botany*, 70(4), pp.654-659. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)30206-4](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30206-4)

Waters, M.T. and Smith, S.M. 2013. KAI2-and MAX2-mediated responses to karrikins and strigolactones are largely independent of HY5 in Arabidopsis seedlings. *Molecular Plant*, 6, pp.63–75.

<https://doi.org/10.1093/mp/sss127>

Zaheer, M.S., Raza, M.A.S. Saleem, M.F. Erinle, K.O. Iqbal, R. and Ahmad, S.2019. Effect of rhizobacteria and cytokinins application on wheat growth and yield under normal vs drought conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(20), pp.2521-2533.

<https://www.researchgate.net/publication/336250679>