



The effect of waterlogging duration at different growth stages on the yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.)

Mohammad Eghbal Ghobadi^{1*} and Hamid Reza Chaghazardi²

1- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, and Zagros Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

*Corresponding author: e.ghobadi@razi.ac.ir

(Received: 12 January 2023

Revised: 16 February 2023

Accepted: 21 February 2023)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** Coriander is a crop that is cultivated in irrigation and rainfed conditions for the production of vegetables and seeds in all parts of the world. Waterlogging is one of the abiotic stresses that may damage the growth and performance of most plants, including coriander. Waterlogging occurs as a result of heavy rainfall in a short time, floods, improper irrigation management, low slope of the field, hardness of the subsurface layer, etc. One of the important effects of climate change is the occurrence of heavy rains and floods in dry and semi-arid areas in spring and summer and during the growing season, which can cause waterlogging. The amount of waterlogging damage depends on the type of plant, variety, time, duration, and intensity of stress, the temperature of the environment, etc.
- 2. Materials and Methods:** The experiment was conducted to investigate the effect of waterlogging on the growth and yield of coriander (Kermanshah local variety) under greenhouse conditions at Razi University in 2021. The factors included time (establishment, stem elongation, and flowering) and duration (control, 3, 6, 9, and 12 days) of waterlogging. The experiment was conducted as a factorial design on a completely randomized design (CRD) in three replications. Planting was done in pots with dimensions 50×50×50 cm on May 23, 2021. After emergence and establishment, the density was thinned to 50 plants. m⁻². During the growth period, one week after the end of waterlogging stress treatment were investigated the SPAD value, stomatal conductance, and quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) traits were investigated. At the time of ripening were measured biological yield, seed yield, seed number per umbel, 1000-seed weight, umbel number per plant, and plant height were measured. Ripening took place on August 5, 2021. Analysis of the data was performed with SAS and MSTATC software, and the means were compared using the least significant difference (LSD) at the 5% level.
- 3. Results and Discussion:** Based on analysis of variance, the effect of time and duration of waterlogging stress during the growth period of coriander was significant on stomatal conductance, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll index, but the interaction effects of these treatments were significant only on the greenness index. The amount of stomatal conductance in the waterlogging treatment in the establishment stage was lower than in the stem growth and flowering stages, but there was no significant difference between the stem growth and flowering stages. With increasing waterlogging duration, the amount of stomatal conductance decreased, and in the 12-day waterlogging treatment, it decreased by 14.7% compared to the control. The value of the quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) was higher at the time of establishment than at the stem elongation and flowering stages; however, with the increase in the duration, the amount of chlorophyll fluorescence increased. In the control treatment, Fv/Fm reached 0.79, and in the 12-day waterlogging treatment, it reached 0.50. The interaction effect of the treatments on the SPAD value showed that with the increase of the duration of the waterlogging, the amount of damage in the flowering stage was more than in the stages of stem growth and establishment. Analysis of variance revealed a significant effect of time and duration of waterlogging stress on biological yield, seed yield, harvest index, number of umbels per plant, number of seeds per umbel, and thousand-seed weight. The effect of waterlogging time on the studied traits showed that waterlogging had the most significant damage on biomass yield, seed yield, number of seeds per umbrella, and number of umbrellas per plant at the time of establishment, and the least damage in these traits was observed during the flowering stage. On the contrary, the effect of waterlogging time treatment on the weight of 1000 seeds was the highest in the establishment stage. The effect of waterlogging duration on yield and its yield components showed that, with an increase in waterlogging duration, the values of all these traits significantly decreased. For each day of waterlogging, damage to coriander was for the biological yield 0.29 g plant⁻¹ (2.5 %), the seed yield 0.14 g plant⁻¹ (3.8 %), the harvest index 0.4%, the seed number per umbel 0.23 (1.3%), the 1000-seed weight 0.105 g (1.5%), and the umbel number per plant 0.42 (1.4%). In this experiment, the

effect of waterlogging on the yield and yield components of coriander was greater in the establishment stage than in the later stages. Probably, waterlogging stress in the early stages of growth, such as establishment, has caused more damage to roots (reduction of respiration) and shoots (reduction of photosynthesis and yield), consequently causing damage and delay in growth. For this reason, the coriander plant has not compensated for the damage caused during the establishment stage after the period has passed, and this has had a significant impact on the reproductive characteristics of the plant, including the number of umbels per plant, the number of seeds per umbel, and seed yield.

4. **Conclusion:** In general, the results showed that under greenhouse conditions, the effect of time of waterlogging stress on biological yield, seed yield, number of umbels per plant, and number of seeds per umbel of the coriander plant was more sensitive in the establishment stage and more resistant in the flowering stage. The duration of flooding had a significant negative effect on all traits. Waterlogging reduced grain yield by 3.8% per day.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, SPAD value, Stomatal conductance

Citation: Ghobadi, M. E. & Chaghazardi, H. R. (2025). The effect of waterlogging duration at different growth stages on the yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). 17(1), 85-100. doi:10.22034/iuvs.2023.1987325.1264

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





اثر مدت‌های ماندابی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

محمداقبال قبادی^{۱*}، حمیدرضا چقازردی^۲

۱- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پژوهشکده تحقیقاتی گیاهان دارویی و معطر زاگرس، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲- استادیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

*نویسنده مسئول: e.ghobadi@razi.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲

چکیده

گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گیاهی است که به صورت آبی و دیم به منظور تولید سبزی و دانه در همه جای دنیا کشت می‌گردد. یکی از تنش‌های غیرزنده که ممکن است به رشد و عملکرد اکثر گیاهان و از جمله گشنیز خسارت وارد کند، تنش ماندابی است. ماندابی تنفس ریشه گیاه را محدود کرده و باعث کاهش رشد ریشه و اندام هوایی می‌شود. براین اساس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار به منظور بررسی اثر ماندابی بر رشد و عملکرد گشنیز در شرایط گلخانه در دانشگاه رازی در سال ۱۴۰۰ انجام شد. فاکتورها شامل مراحل مختلف رشد (استقرار، ساقه رفتن و گلدهی) و مدت ماندابی (شاهد، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ روز) بودند. نتایج نشان داد که ماندابی در مرحله استقرار نسبت به سایر مراحل، هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) را کاهش و فلورسنس کلروفیل را افزایش داد. در مرحله استقرار، مقادیر این دو صفت بترتیب ۳۳/۰ و ۶/۸ و در مرحله گلدهی ۳۸/۶ و ۵/۹ بدست آمد. با افزایش مدت ماندابی مقادیر هدایت روزنه‌ای و فلورسنس کلروفیل دارای شیب نزولی بودند و در ۱۲ روز ماندابی بترتیب ۱۴/۶ و ۳۶/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد، کاهش داشتند. ماندابی در مرحله استقرار نسبت به سایر مراحل، باعث بیشترین خسارت به عملکرد دانه و اجزای آن بجز وزن هزار دانه گردید. در مرحله استقرار عملکرد دانه (گرم در بوته)، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه (گرم) بترتیب ۲/۵، ۲۵/۰، ۱۴/۷ و ۶/۸ و در مرحله گلدهی بترتیب دارای مقادیر ۳/۳، ۳۰/۰، ۱۷/۳ و ۵/۹ بودند. با افزایش مدت ماندابی کلیه صفات عملکرد و اجزای عملکرد دانه، کاهش داشتند. به ازای هر روز ماندابی نسبت به تیمار شاهد، عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه به ترتیب ۲/۵، ۳/۸، ۱/۴ و ۱/۳ و ۱/۵ درصد کاهش داشت. در کل نتایج نشان داد که، هم زمان و هم مدت ماندابی بر رشد و عملکرد گشنیز آسیب معنی‌داری وارد می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: شاخص سبزی‌نگی، فلورسنس کلروفیل، هدایت روزنه‌ای.

استناد: قبادی، م. ا. و چقازردی، ح. ر. (۱۴۰۴). اثر مدت‌های ماندابی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). علوم سبزی‌ها، ۱۷(۱)، ۸۵-۱۰۰.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گیاهی یکساله از خانواده گل‌چتریان و گرمادوست است. این گیاه در سرتاسر دنیا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. مبدأ این گیاه نواحی جنوب غربی آسیا و مدیترانه می‌باشد (Lopes et al., 2014; Arora et al., 2021).

کشت گشنیز هم به عنوان سبزی و هم برای تولید بذر و دانه صورت می‌گیرد. دانه گشنیز دارای لینالول بوده و دارای خواص دارویی (ضد نفخ، هضم‌کننده، تصفیه‌کننده خون، ضد رماتیسم و ضد اسپاسم و ...) و مصرف ادویه‌ای (بعنوان طعم‌دهنده در شیرینی‌ها و مواد غذایی) می‌باشد. از اسانس و روغن میوه گشنیز نیز در صنایع آرایشی، بهداشتی و دارویی استفاده می‌شود (Telci et al., 2006; Bhuiyan et al., 2009).

این گیاه تحمل بالایی به دمای پایین داشته و بخوبی در شرایط معتدل تا کمی سرد به صورت پاییزه، زمستانه و بهار کشت می‌گردد. این گیاه در شرایط مناسب محیطی در کشت پاییزه، عملکرد دانه بالایی دارد (Gujar et al., 2005). در شرایط دیم، در کشت پاییزه دارای بیشترین عملکرد دانه (۵۸۱/۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد ماده خشک (۹۷۰/۶ کیلوگرم در هکتار) بوده است (Carruba et al., 2006). اما، در کشت بهار و تابستانه تولید گشنیز به آبیاری نیاز دارد. در بررسی کشت بهار دیر هنگام گشنیز، در تاریخ‌های کاشت ۵ می (۱۵ خرداد)، ۲۰ می (۳۰ خرداد)، ۴ ژوئن (۱۵ تیر) و ۱۹ ژوئن (۳۰ تیر) در شرایط آبیاری کامل عملکرد دانه به ترتیب ۷۳۶/۹، ۸۳۷/۸، ۱۰۰۳/۱ و ۱۲۹۹ کیلوگرم در هکتار بدست آمده و توصیه کرده‌اند که به شرط داشتن آب کافی، این محصول می‌تواند به صورت کشت دوم نیز در چرخه تناوب قرار گیرد (Ghobadi & Ghobadi, 2012).

تنش‌های محیطی از جمله ماندابی می‌تواند به رشد و عملکرد گیاهان خسارت وارد کند. میزان خسارت به نوع گیاه، نوع رقم، زمان تنش، مدت تنش، شدت تنش، دمای محیط و غیره بستگی دارد (Tian et al., 2021; Zhou et al., 2020; Wu et al., 2022).

اثر بارندگی زیاد در زمان کوتاه، آب سیلاب، مدیریت نامناسب آبیاری، شیب کم مزرعه، سخت بودن لایه زیر سطحی و غیره بوجود می‌آید (Zeng et al., 2020; Ren et al., 2016). در سطح جهان، سیل یکی از مخرب‌ترین تنش‌های غیرزیستی بعد از خشکسالی است که سالانه حدود ۱۷ میلیون کیلومتر مربع از سطح زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد که می‌تواند ایجاد ماندابی کند (Kaur et al., 2020).

در شرایط ماندابی، اطراف ریشه گیاهان از آب اشباع و در نتیجه کمبود هوا و اکسیژن، تنفس ریشه به شدت کاهش یافته و ریشه در شرایط بی‌هوازی، انرژی لازم برای فعالیت‌های اختصاصی خود تولید نمی‌کند. لذا با کاهش جذب و انتقال مواد و بسته شدن روزه‌ها، با مجموعه‌ای از تنش‌ها مواجه شده که در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز و رشد اندام هوایی و عملکرد می‌گردد (Chen et al., 2022; Fukao et al., 2019). اثرات مدت‌های ۴ و ۸ روز ماندابی در مراحل اولیه رشد بر گیاه گشنیز و بررسی صفات پس از ۳۰ روز از رشد در شرایط گلدانی، نشان داده است که تیمار ماندابی اثرات شدیدی بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و سایر خصوصیات فیزیولوژیکی داشته است (Sabale & Kale, 2010).

با توجه به آنچه ذکر شد، بررسی اثرات ماندابی به عنوان یک تنش مهم روی رشد و عملکرد گشنیز، کمتر مطالعه شده است و نتیجه این آزمایش، احتمالاً بتواند به عنوان یک آزمایش اولیه برای اجرای آزمایشات بعدی مورد توجه قرار گیرد. معمولاً در کشت‌های پاییزه، زمستانه و بهار، علاوه بر آبیاری، ممکن است مزرعه تحت تأثیر انواع بارندگی‌های شدید کوتاه مدت و دراز مدت، دچار ماندابی شود. بعلاوه، کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و از مشخصات این مناطق امکان بارندگی کوتاه مدت در زمان نامناسب است. اگر عوارض تغییر اقلیم (Knapp et al., 2015) هم به آن افزوده شود، احتمال بارندگی‌های سیل‌آسا و به دنبال آن ماندابی بیشتر می‌گردد. براین اساس، آزمایشی به منظور بررسی اثر مدت‌های ماندابی در

این آزمایش در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی در شهر کرمانشاه در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. مشخصات دمایی و طول روز گلخانه در طول دوره رشد در جدول ۱ آمده است. گلخانه اگرچه دارای دمنده‌های قوی برای تبادل هوا هست ولی در کل حدود ۵ درجه سانتی‌گراد گرمتر از شرایط هوای آزاد بود.

مراحل مختلف رشد بر گیاه گشنیز در کشت بهاره و در شرایط کنترل شده طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها محل اجرای آزمایش

جدول ۱- متوسط ماهانه دما در طول دوره رشد گشنیز در محل اجرای آزمایش در سال ۱۴۰۰

Table 1- Monthly average temperature during the coriander growing season in 2021 at the experimental site

پارامترها Parameters	ماه Month		
	خرداد June	تیر July	مرداد August
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Min. temp. (°C)	18.2	23.1	23.9
حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Max. temp. (°C)	40.6	44.4	43.8
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Ave. temp. (°C)	29.4	33.7	33.8
متوسط ساعات آفتابی (در روز) Ave. of sunshine hours (per day)	11.7	11.8	10.1

غرقابی با آب اضافی ایجاد گردید. مشخصات خاک گلدان قبل از اجرای آزمایش در جدول ۲ آمده است. خاک گلدان‌ها از نظر میزان فسفر و پتاسیم برای گشنیز در حد قابل قبول، ولی از نظر نیتروژن در حد کمبود بود. لذا، به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره قبل از کاشت به گلدان‌ها اضافه شدند.

کاشت در ۲ خرداد ۱۴۰۰ با تراکم بالا انجام و بعد از سبز شدن و استقرار به ۵۰ بوته در مترمربع (۱۳ بوته در هر گلدان) تنک گردید (Ghobadi & Fatahi, 2016). گیاهان دو ماه و نیم بعد از کشت و در ۱۴ مرداد برداشت شدند. طول دوره مراحل مهم نموی در شکل ۱ آمده است.

طرح آزمایشی

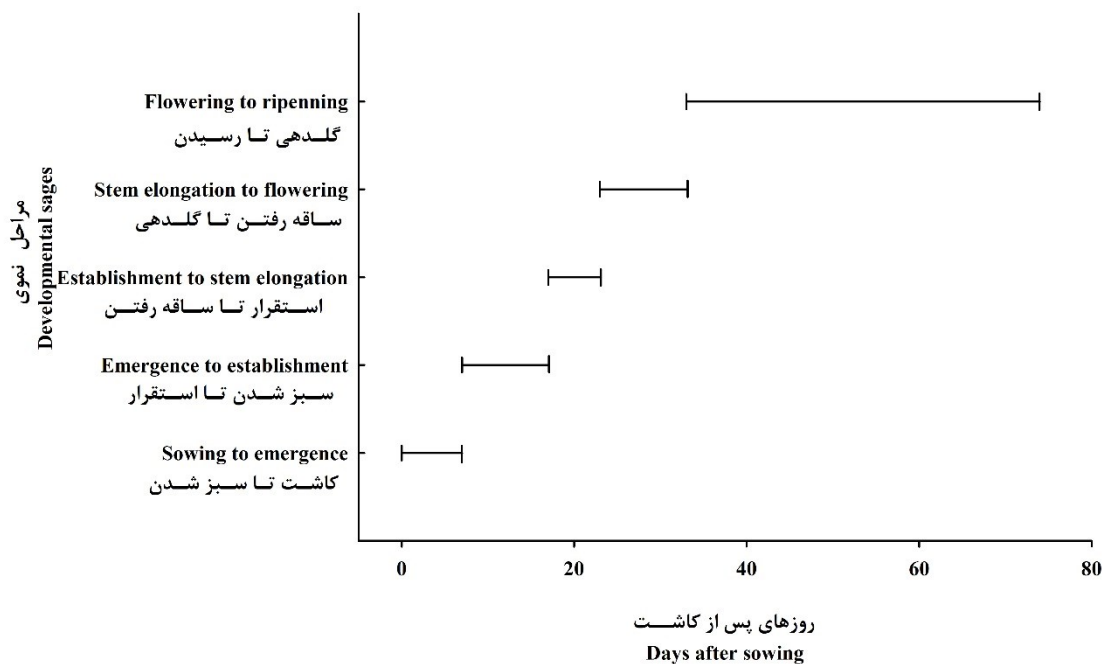
تیمارهای آزمایش شامل مدت‌های ماندابی (شاهد، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ روز) در مراحل مختلف رشد گشنیز (استقرار، ساقه رفتن و گلدهی) بودند. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

مواد گیاهی و عملیات کاشت و داشت

رقم گشنیز مورد استفاده توده بومی کرمانشاه بود. قبل از کاشت گلدان‌ها از خاک زراعی مزرعه پر شدند. اندازه گلدان‌ها ۵۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متر و در کف گلدان در یک طرف آن یک خروجی به عنوان زهکش تعبیه شد. گلدان‌ها از نوع بتونی ساخته شده‌اند. در زمان اعمال تیمارهای ماندابی، روزنه زهکش، مسدود و شرایط

جدول ۲- مشخصات فیزیک و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Physical and chemical properties of soil used in the test

عمق خاک	اسیدیته	نیتروژن	کربن آلی	پتاسیم	فسفر	هدایت الکتریکی	بافت خاک
Soil depth (cm)	pH	Nitrogen	Organic Carbon (%)	K ₂ O	P ₂ O ₅	EC (ds.m ⁻¹)	Soil texture
0-50	7.01	0.004	0.07	288	9.8	0.57	Silty-clay



شکل ۱- طول مراحل مهم نمو گشنیز در شرایط گلخانه

Figure 1- The length of important developmental stages of coriander in greenhouse conditions

دانه و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شدند. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیست توده به درصد محاسبه گردید. ارتفاع بوته از کف خاک تا نوک گل آذین محاسبه شد.

تجزیه‌های آماری

آنالیز داده‌های آزمایش با نرم افزارهای SAS و MSTATC (مقایسه میانگین اثرات متقابل)، میانگین‌ها بروش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد مقایسه و شکل‌ها با نرم افزار سیگماپلات (Sigmaplot) ترسیم شدند.

نمونه برداری فیزیولوژیکی و اندازه‌گیری عملکرد در طول دوره رشد یک هفته بعد از پایان اعمال تیمار تنش ماندابی، صفات شاخص سبزی‌نگی (SPAD value) با دستگاه کلروفیل‌سنج (ساخت شرکت Minolta)، هدایت روزنه‌ای با دستگاه پرومتر (SC-1 Prometer) در حوالی ساعت ۱۱ صبح به میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) با دستگاه کلروفیل فلورسنس متر (مدل Pocket PEA fluorimeter ساخت شرکت Hansatech) با ایجاد ۲۰ دقیقه تاریکی بوسیله گیره‌های برگ در طول روز از پنج نمونه بررسی شدند. در زمان برداشت، صفات عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزار

نتایج و بحث

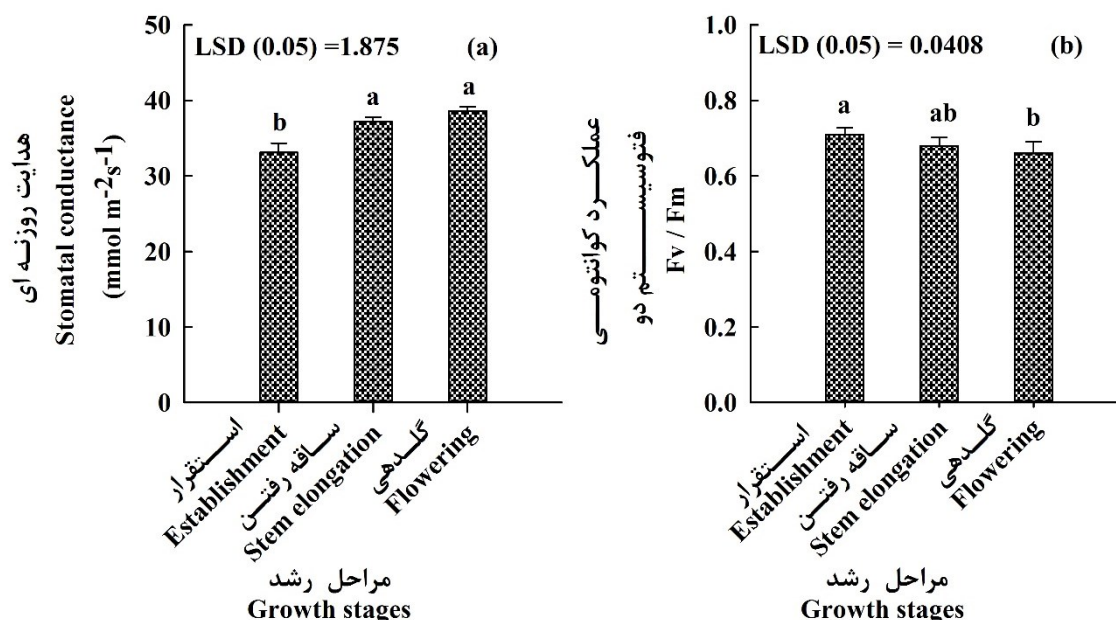
هدایت روزنه‌ای، فلورسنس کلروفیل، شاخص کلروفیل و ارتفاع بوته گشنیز

اثر مدت ماندابی در مراحل مختلف رشد بر صفات هدایت روزنه‌ای، فلورسنس کلروفیل، شاخص سبزی‌نگی و ارتفاع بوته گشنیز معنی‌دار بود. اثرات متقابل این تیمارها بر هدایت روزنه‌ای و فلورسنس کلروفیل غیرمعنی‌دار ولی بر شاخص سبزی‌نگی و ارتفاع بوته معنی‌دار شد.

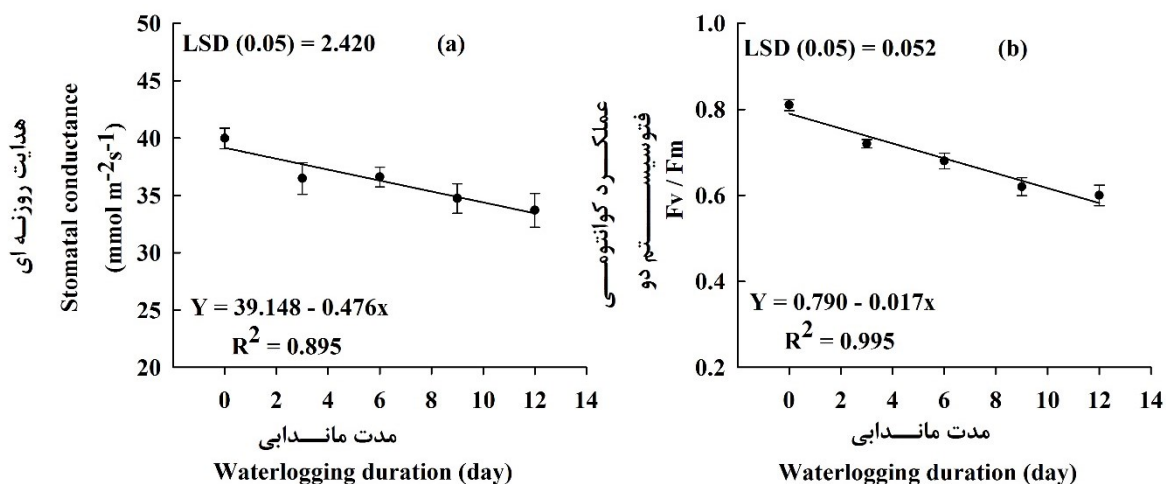
هدایت روزنه‌ای در تیمار ماندابی در مرحله استقرار کمتر از ماندابی در مراحل ساقه رفتن و گلدهی بود ولی مرحله ساقه رفتن و گلدهی با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۲a). با افزایش مدت ماندابی میزان هدایت روزنه‌ای کاهش داشت، بعبارت دیگر، هدایت روزنه‌ای در تیمارهای شاهد و ۱۲ روز ماندابی به ترتیب در دامنه بین ۳۹/۱۴ تا ۳۳/۴۰ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه بودند (شکل ۳a).

مقدار عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) در زمان ماندابی در مرحل استقرار بالاتر از مراحل ساقه رفتن و گلدهی بود (شکل ۲b). ، ولی با افزایش مدت ماندابی مقدار عملکرد کوانتومی کاهش داشت. F_v/F_m در تیمار شاهد برابر ۰/۷۹ و در تیمار ۱۲ روز ماندابی به ۰/۵۰ رسید (شکل ۳b).

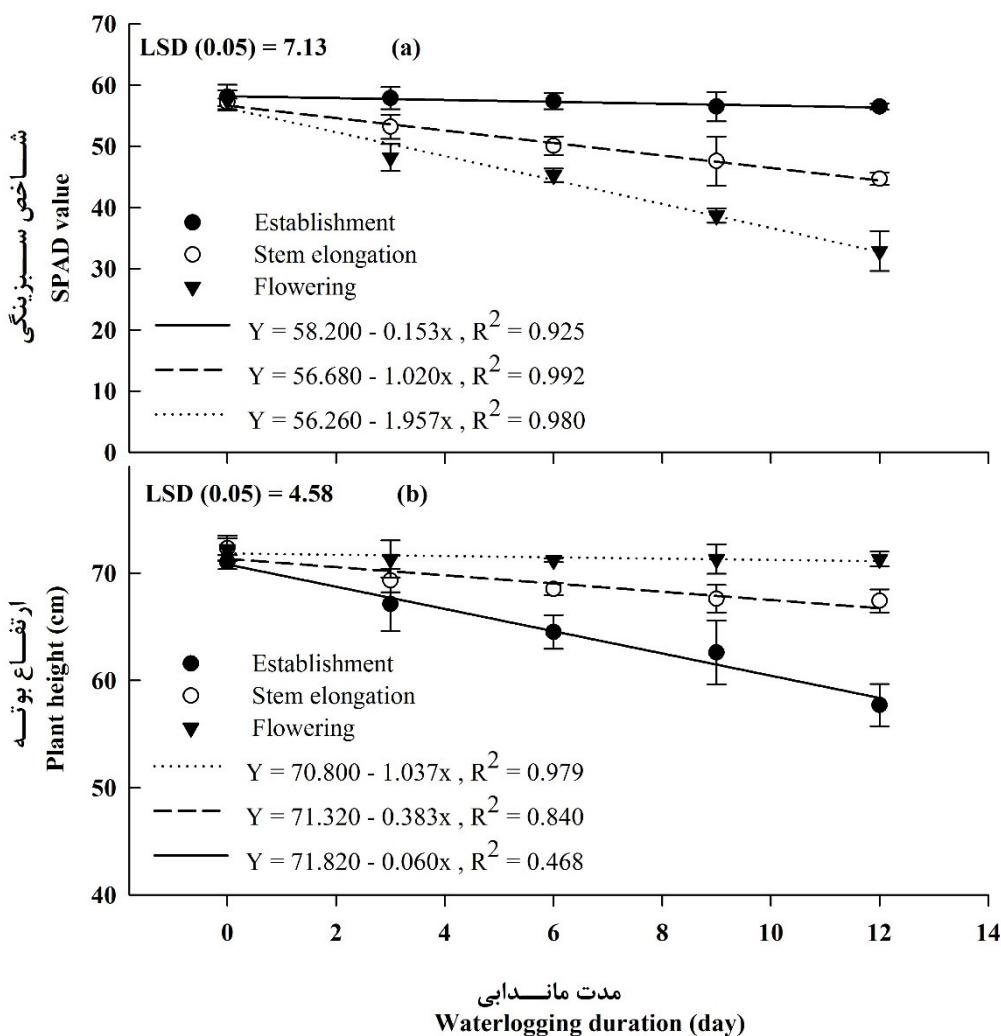
اثر متقابل تیمارها بر شاخص سبزی‌نگی نشان داد که در شرایط ماندابی، بیشترین میزان سبزی‌نگی کلروفیل در مرحله استقرار و کمترین میزان در مرحله گلدهی مشاهده گردید (شکل ۴a). مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و مدت ماندابی بر ارتفاع بوته حاکی از آن بود که با افزایش مدت ماندابی ارتفاع بوته کاهش داشت و این کاهش برای ماندابی در زمان استقرار، ساقه رفتن و گلدهی به ترتیب شدید، متوسط و کم بودند (شکل ۴b). نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که تنش‌های زنده و غیر زنده، ارتفاع بوته را در گیاهان و از جمله گشنیز کاهش داده است (Payamani *et al.*, 2021; Padid *et al.*, 2021)، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارند.



شکل ۲- اثر ماندابی در مراحل مختلف رشد بر هدایت روزنه‌ای (a) و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (b) در گیاه گشنیز
Figure 2- The effect of waterlogging at different growth stages on stomatal conductance (a) and quantum yield of photosystem II (b) of the coriander plant



شکل ۳- اثر مدت ماندابی بر هدایت روزنه‌ای (a) و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (b) در گیاه گشنیز
 Figure 3- The effect of waterlogging durations on stomatal conductance (a) and quantum yield of photosystem II (b) of the coriander plant



شکل ۴- اثر متقابل مدت ماندابی در مراحل مختلف رشد بر شاخص سبزیگی (a) و ارتفاع بوته (b) در گیاه گشنیز
 Figure 4- The interaction effect of waterlogging duration and different growth stages on SPAD value (a) and plant height (b) of coriander plant

ارقام همبستگی منفی بوده است (Soleh *et al.*, 2018). در بررسی اثرات غرقابی در شرایط گلخانه بر روی ذرت مومی حساس و مقاوم به شرایط ماندابی (در زمان ظهور برگ پنجم به مدت ۴ روز)، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، سرعت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، تعرق و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در اثر ماندابی در هر دو رقم کاهش داشته است. کاهش فتوسنتز در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای و اثر بر محتوی کلروفیل و پارامترهای فلورسنس کلروفیل گزارش شده است (Zhu *et al.*, 2016).

در بررسی‌های انجام شده نشان داده شده است که مقدار سبزیگی کلروفیل با درصد نیتروژن برگ و محتوای کل کلروفیل برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (Limantara *et al.*, 2015). در آزمایشی، در ذرت بعد از تیمار ماندابی (در مراحل سه برگی، ۶ برگی و ۱۰ برگی) تجمع نیتروژن در ساقه و برگ به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های کلیدی متابولیسم نیتروژن (نیترات رداکتاز، گلوتامین، گلوتامات سنتاز و گلوتامات دهیدروژناز) کاهش داشته است که باعث کاهش تجمع ماده خشک و کاهش انتقال نیتروژن از ساقه و برگ به دانه پس از ماندابی شده است. در این آزمایش، بیشترین خسارت مربوط به مرحله سه برگی یا اوایل دوره رشد گیاه بین ۲۵ تا ۶۰ درصد بوده است (Ren *et al.*, 2017).

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

اثر زمان و مدت تنش ماندابی بر صفات عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. اثر زمان ماندابی بر صفات مورد بررسی نشان داد که ماندابی در زمان استقرار بیشترین تأثیر یا خسارت را بر صفات عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر داشت و کمترین خسارت در این صفات مربوط به زمان گلدهی بود (شکل ۵a-f).

یک هفته بعد از اعمال تیمار ماندابی، صفات هدایت روزنه‌ای، فلورسنس کلروفیل و شاخص سبزیگی مورد بررسی قرار گرفتند. در زمان گلدهی، تأثیر منفی ماندابی بر شاخص سبزیگی و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، شدیدتر از سایر مراحل اولیه بود. احتمالاً دلیل آن این است که، برگ‌های گیاه گشنیز در این مرحله، تقریباً در سایه قرار می‌گیرند و میزان رنگیزه‌ها و همچنین سهم رنگیزه‌ها در زنجیره انتقال الکترون نسبت به مراحل اولیه کاهش می‌یابد. برعکس، میزان هدایت روزنه‌ای در زمان گلدهی بیشتر از مراحل اولیه است که احتمالاً بدلیل باز بودن بیشتر روزنه‌ها برای فعالیت بیشتر و جبران خسارت وارده باشد. هدایت روزنه‌ای یا هدایت مزوفیلی سرعت تبادل گاز (دی اکسید کربن ورودی) و تعرق (بخار آب خروجی) از روزنه‌های برگ را تخمین می‌زند که به شدت تحت تأثیر درجه باز بودن روزنه‌هاست.

بسته شدن روزنه‌ها با سایر سیگنال‌های خارجی نظیر غلظت دی‌اکسید کربن، رطوبت، دما و اسید ابسزیک نیز مرتبط است (Lawson, 2009) ولی، ماندابی هم هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Ahmed *et al.*, 2002).

عملکرد کوانتومی اپتیمال یا عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) تخمین نسبت مول کربن‌های تثبیت شده به هر مول انرژی نوری جذب شده می‌باشد (Banks, 2017). در آزمایشی، ماندابی در دمای بالا بر روی گیاه زنجیل، بطور غیرقابل برگشتی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و بازده انتقال الکترون فتوسیستم II را محدود کرده است و اثرات توأم تنش غرقابی و دمای بالا بیشتر از تأثیر هر کدام از این تنش‌ها به تنهایی، بوده است (Liu *et al.*, 2022).

در بررسی ۱۰ رقم نیشکر تحت تأثیر مدت‌های ماندابی (شاهد، ۴ و ۷ روز) در زمان ۴۵ روزگی، میزان فلورسنس کلروفیل بین ارقام متفاوت بوده است (برعکس تیمار شاهد). در این آزمایش بین فلورسنس کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در تیمار شاهد و ماندابی بین

مقدار ۰/۱۰۵ گرم (۱/۵ درصد) و تعداد چتر در بوته مقدار ۰/۴۲ (۱/۴ درصد)، برآورد شد (شکل ۶a-f).

در شرایط ماندابی به دلیل کاهش ورود هوا به ریشه، عمل تنفس با مشکل مواجه شده و رشد ریشه و عمل انتقال مواد در آن‌ها محدود می‌گردد. در تعدادی از گیاهان بدلیل نداشتن مکانیسم تشکیل آثرانثیم، گیاه مقدار زیادی از ریشه‌های خود را از دست می‌دهد (Sharma et al., 2018; Herzog et al., 2016). کاهش فعالیت ریشه با بسته شدن روزه‌های برگ همراه بوده که فتوسنتز را هم با مشکل مواجه ساخته و در کل، باعث کاهش رشد، کاهش سطح برگ و تولید ماده خشک می‌گردد. مجموعه این عوامل کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه را بدنبال دارد (Ding et al., 2020).

در بررسی که انجام شد، گزارشی از اثر ماندابی بر گیاهان خانواده گل‌چتریان نظیر گشنیز، هویج، کرفس، جعفری، رازیانه، زیره، شوید و غیره مشاهده نشد. اما، مطالعات زیادی روی گیاهان زراعی پرمصرف انجام گرفته است. آنچه مسلم است این است که میزان خسارت بیشتر به نوع گیاه، گونه و رقم (Wei et al., 2021) و سپس سایر عوامل محیطی بستگی دارد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در گندم ارقامی که تجمع زیست توده بیشتری داشته‌اند به شرایط ماندابی مقاوم‌تر بوده و دارای عملکرد بالاتری بوده‌اند (Singh et al., 2018). همچنین مشاهده شده است که ماندابی (حتی کوتاه مدت سه روزه) در همه مراحل نموی، بر رشد گندم خسارت وارد می‌کند. در آزمایشی بر روی ۱۰ رقم گندم اثر دوره ۱۵ روزه ماندابی در مراحل شروع پنجه زنی و ساقه رفتن، میزان آسیب به تعداد دانه در سنبله (به ترتیب ۴۴/۶ و ۲۶/۴ درصد)، وزن هزار دانه (به ترتیب ۹/۱ و ۱۲/۳ درصد) و در کل عملکرد دانه به ترتیب ۴۲ و ۳۲ درصد کاهش داشته است (Ghobadi et al., 2017).

در کل، ماندابی در مراحل مختلف رشد و در مدت‌های متفاوت، عملکرد دانه گندم را حداکثر بین ۵۰ تا ۷۰ درصد (Ploschuk Hossain & Uddin, 2011)

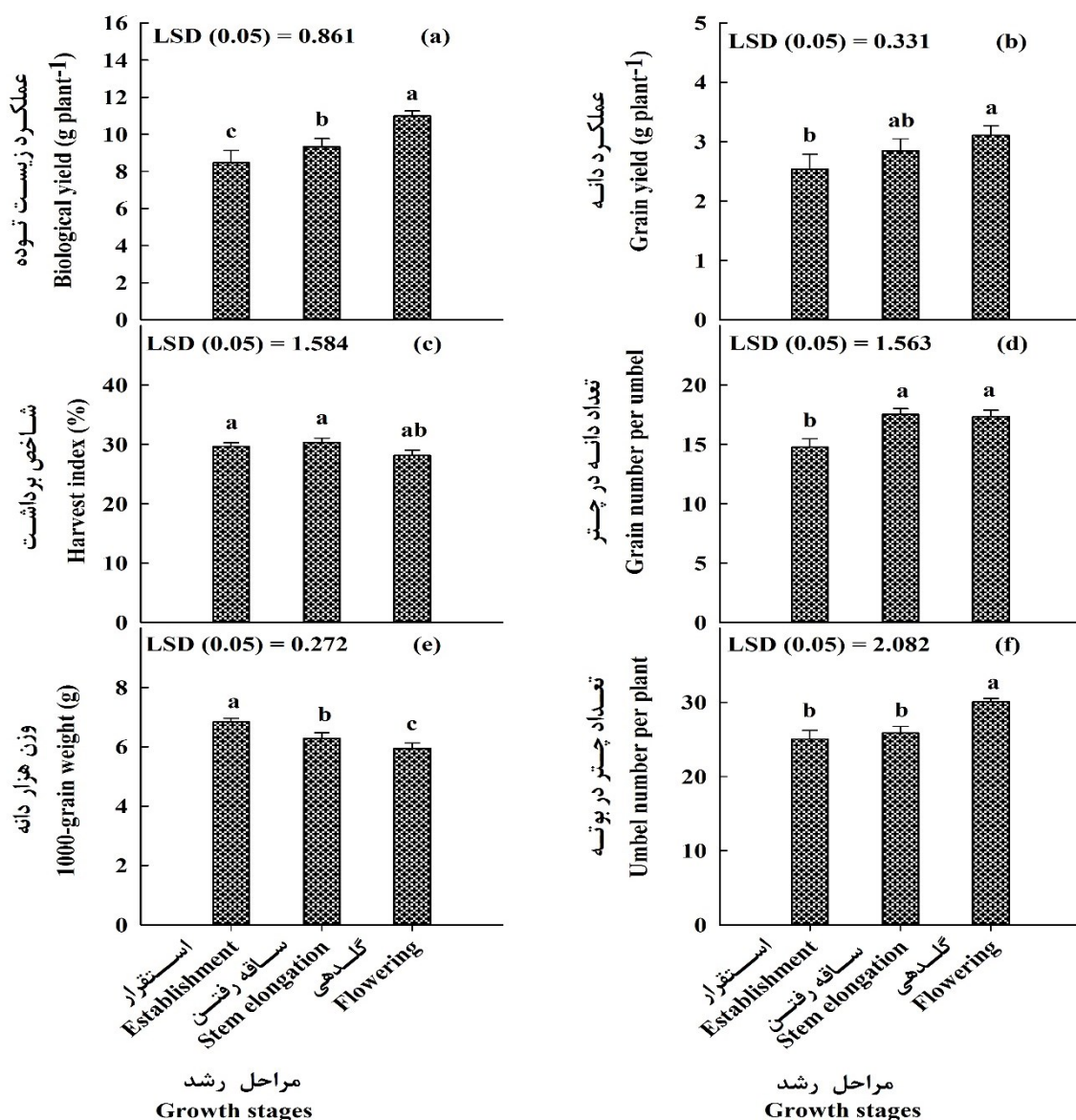
بین تیمارهای زمان تنش ماندابی بر شاخص برداشت در زمان استقرار و ساقه رفتن اختلاف معنی‌داری بدست نیامد و در مرحله گلدهی کاهش داشت (شکل ۵c). همچنین اثر تیمار مرحله یا زمان ماندابی بر وزن هزار دانه (برعکس سایر صفات)، در مرحله استقرار در کمترین مقدار بود و با افزایش سن گیاه اثر تنش ماندابی یا خسارت ماندابی بیشتر شد (شکل ۵e).

اجزای عملکرد دانه گشنیز، صفات تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه می‌باشند. معمولاً با افزایش تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه کاهش می‌یابد و در این آزمایش هم بوضوح مشاهده می‌گردد. این برهمکنش اجزای عملکرد در یک بوته، طبیعی و منطقی است. نکته‌ای که حائز اهمیت است این است که کاهش وزن هزار دانه به تنهایی نمی‌تواند افزایش عملکرد ناشی از افزایش تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر را خنثی کند. به همین دلیل، عملکرد دانه در تیمارهایی که در آخر دوره رشد تحت تأثیر ماندابی بوده‌اند، افزایش داشتند. احتمالاً، تنش ماندابی در مراحل اولیه رشد مثل استقرار، میزان خسارت بر ریشه (کاهش تنفس ریشه و کاهش جذب از خاک) و اندام‌های هوایی (کاهش میزان فتوسنتز) باعث خسارت و تأخیر در رشد شده است. شاید به همین دلیل، گیاه گشنیز بعد از سپری شدن ماندابی، خسارت وارده در مرحله استقرار را جبران نکرده است و این مورد، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات زایشی گیاه مثل تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر داشت.

اثر مدت ماندابی بر صفات عملکرد و اجزای آن نشان داد که با افزایش مدت ماندابی مقادیر تمام این صفات کاهش معنی‌داری داشتند (شکل ۶a-f). در این آزمایش، از نگاه آماری و بدون توجه به اینکه تنش ماندابی در چه مرحله از رشد یا زمانی اتفاق افتاده است، به ازای هر روز ماندابی، میزان خسارت به گشنیز نسبت به تیمار شاهد، برای عملکرد زیست توده مقدار ۰/۲۹ گرم در بوته (۲/۵ درصد)، عملکرد دانه مقدار ۰/۱۴ گرم در بوته (۳/۸ درصد)، شاخص برداشت ۴/۰ درصد، تعداد دانه در چتر مقدار ۰/۲۳ (۱/۳ درصد)، وزن هزار دانه

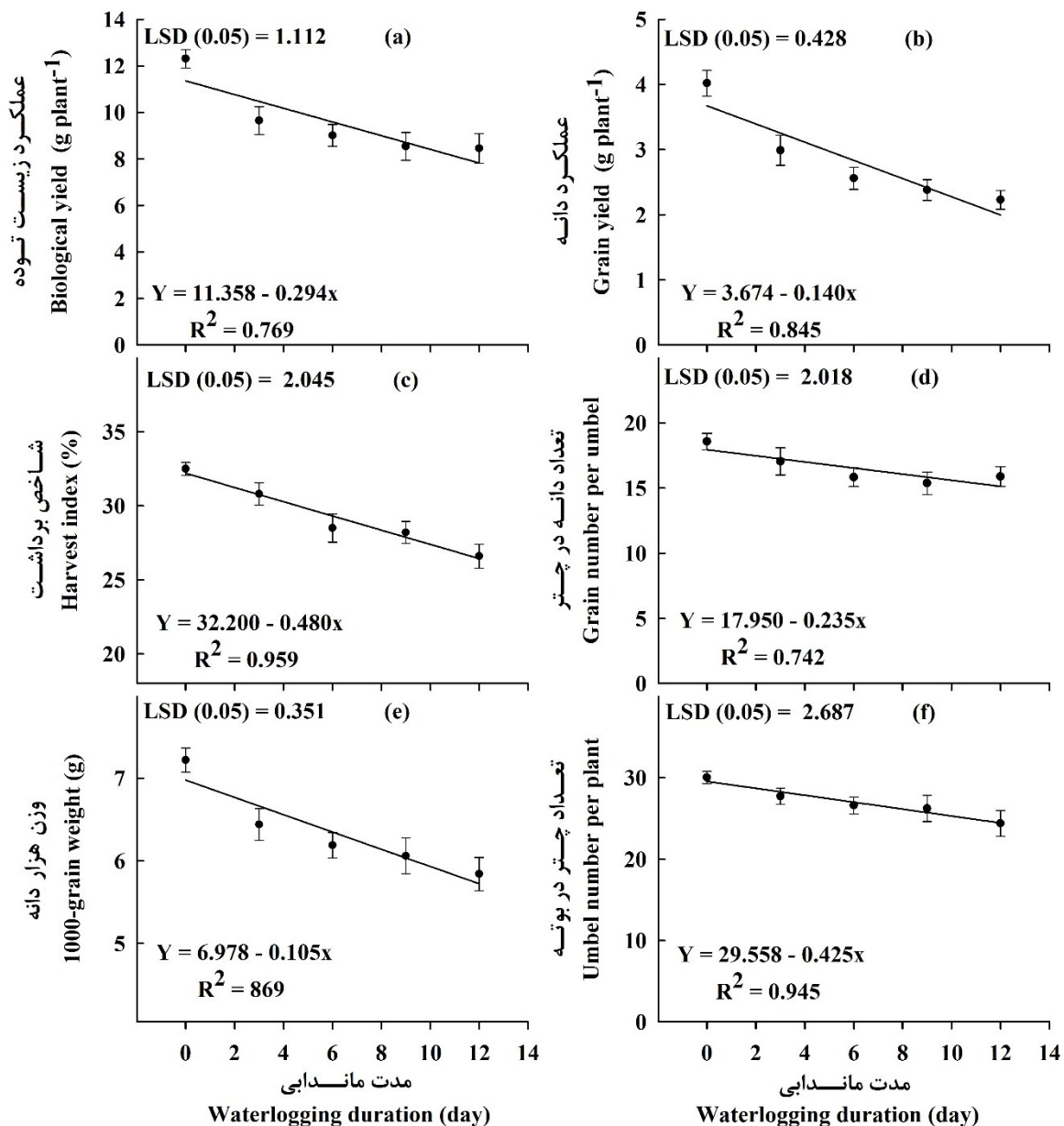
حساس است (بخصوص در مراحل اولیه رشد) و با افزایش مدت ماندابی، میزان خسارت، بیشتر می‌شود (به استثنای وزن هزاردانه، که در مرحله گلدهی، به دلیل کاهش بیشتر سطح برگ و محتوای کلروفیل، شیب کاهش نزولی بود). پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی به بررسی تشکیل آثرانسیم در ریشه، رشد ریشه، میزان جذب عناصر و غیره در زمان‌ها و مدت‌های دیگر بیشتر توجه شود.

(Alizadeh-vaskasi *et al.*, 2018; *et al.*, 2018; ذرت بین ۲۵ تا ۴۳ درصد (Shah *et al.*, 2012)، سویا بین ۲۰ تا ۴۱ درصد (Rhine *et al.*, 2010) و پنبه بین ۷ تا ۳۹ درصد (Wang *et al.*, 2017) کاهش داده است. از بررسی نتایج آزمایش حاضر با مطالعات انجام شده توسط سایر محققین اینگونه استنباط می‌شود که عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه گشنیز، به ماندابی



شکل ۵- اثر ماندابی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد زیست توده (a)، عملکرد دانه (b)، شاخص برداشت (c)، تعداد دانه در چتر (d)، وزن هزار دانه (e) و تعداد چتر در بوته (f) در گشنیز

Figure 5- The effect of waterlogging at different growth stages on biological yield (a), grain yield (b), harvest index (c), number of seeds per umbel (d), weight of 1000-grain weight (e), and number of umbels per plant (f) of coriander



شکل ۶- اثر مدت‌های ماندابی بر عملکرد زیست توده (a)، عملکرد دانه (b)، شاخص برداشت (c)، تعداد دانه در چتر (d)، وزن هزار دانه (e) و تعداد چتر در بوته (f) در گشنیز

Figure 6 - The effect of waterlogging durations on biological yield (a), grain yield (b), harvest index (c), grain number per umbel (d), 1000-grain weight (e), and number of umbels per plant (f) of coriander

در بوته، تعداد دانه در چتر در شرایط گلخانه نشان داد که این گیاه در مرحله استقرار حساس‌تر و در مرحله گلدهی مقاوم‌تر است. با افزایش مدت ماندابی مقادیر این صفات کاهش یافت و در کل عملکرد دانه به میزان ۳/۸۱ درصد به ازای هر روز ماندابی کاهش داشت.

نتیجه‌گیری کلی

در طول دوره رشد با افزایش مدت ماندابی صفات هدایت روزنه‌ای، فلورسنس کلروفیل و شاخص سبزینه‌گی کاهش داشت. تنش ماندابی در مراحل اولیه رشد یا استقرار باعث کاهش هدایت روزنه‌ای ولی افزایش فلورسنس کلروفیل نسبت به سایر مراحل شد. اثر زمان تنش ماندابی بر عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، تعداد چتر

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه رازی انجام شد که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y. & Sakuratani, T. (2002). Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mung bean subjected to waterlogging. *Plant Science*, 163, 117-123. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00080-8)
- Alizadeh-vaskasi, F., Pirdashti, H., Araei, A. C. & Saadatmand, S. (2018). Waterlogging effects on some antioxidant enzymes activities and the yield of three wheat promising lines. *Acta Agriculturae Slovenica*, 111, 621-631. <https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.3.10>
- Arora, V., Adler, C., Tepikin, A., Ziv, G., Kahane, T., Abu-Nassar, J., Golan, S., Mayzlish-Gati, E., & Gonda, I. (2021). Wild coriander: an untapped genetic resource for future coriander breeding. *Euphytica*, 217, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02870-4>
- Banks, J. M. (2017). Continuous excitation chlorophyll fluorescence parameters: a review for practitioners. *Tree Physiology*, 37, 1128-1136. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpx059>
- Bhuiyan, N., Begum, J. & Sultana, M. (2009). Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh Journal Pharmacology*, 4, 150-153. <https://doi.org/10.3329/bjp.v4i2.2800>
- Carrubba, A., Torre, R., Saiano, F. & Alonzo, G. (2006). Effect of sowing time on coriander performance in a semi-arid Mediterranean environment. *Crop Science*, 46, 437-447. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0169.9>
- Chen, C. C., Li, M. S., Chen, K. T., Lin, Y. H. & Ko, S. S. (2022). Photosynthetic and morphological responses of sachalinensis (*Plukenetia volubilis* L.) to waterlogging stress. *Plants*, 11, 249. 1-13. <https://doi.org/10.3390/plants11030249>
- Ding, J., Liang, P., Wu, P., Zhu, M., Li, C., Zhu, X., Gao, D., Chen, Y., & Guo, W. (2020). Effects of waterlogging on grain yield and associated traits of historic wheat cultivars in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. *Field Crops Research*, 246, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107695>
- Fukao, T., Barrera-Figueroa, B. E., Juntawong, P., & Peña-Castro, J. M. (2019). Submergence and waterlogging stress in plants: a review highlighting research opportunities and understudied aspects. *Frontiers in Plant Science*, 10(340), 1-24. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00340>
- Ghobadi, M. E. & Fatahi, S. (2016). Effects of plant density and water stress on growth characteristics, yield, and oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(5), 924-934. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2016.108101>
- Ghobadi, M. E. & Ghobadi, M. (2012). Effects of late sowing on quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6(7), 425-428.
- Ghobadi, M. E., Ghobadi, M. & Zebarjadi, A. (2017). Effect of waterlogging at different growth stages on some morphological traits of wheat varieties.

- International Journal of Biometeorology*, 61, 635-645. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1240-x>
- Gujar, S. M., Warade, A. D., Mohariya, A. & Paithankar, D. H. (2005). Effect of dates of sowing and nitrogen levels on growth, seed yield, and quality of coriander. *Crop Research*, 29(2), 288-291.
- Herzog, M., Striker, G. G., Colmer, T. D. & Pedersen, O. (2016). Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat—a review of root and shoot physiology. *Plant, Cell & Environment*, 39, 1068-1086. <https://doi.org/10.1111/pce.12676>
- Hossain, M. A. & Uddin, S. N. (2011). Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 1094-1101.
- Kaur, G., Singh, G., Motavalli, P. P., Nelson, K. A., Orłowski, J. M. & Golden, B. R. (2020). Impacts and management strategies for crop production in waterlogged or flooded soils: a review. *Agronomy Journal*, 112, 1475-1501. <https://doi.org/10.1002/agj2.20093>
- Knapp, A. K., Hoover, D. L., Wilcox, K. R., Avolio, M. L., Koerner, S. E., La Pierre, K. J., Loik, M. E., Luo, Y., Sala, O. E., & Smith, M. D. (2015). Characterizing differences in precipitation regimes of extreme wet and dry years: implications for climate change experiments. *Global Change Biology*, 21, 2624-2633. <https://doi.org/10.1111/gcb.12888>
- Lawson, T. (2009). Guard cell photosynthesis and stomatal function. *New Phytologist*, 181, 13-34. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02685.x>
- Limantara, L., Dettling, M., Indrawati, R. & Brotosudarmo, T. H. P. (2015). Analysis on the chlorophyll content of commercial green leafy vegetables. *Procedia Chemistry*, 14, 225-231. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.03.032>
- Liu, S., Sun, B., Cao, B., Lv, Y., Chen, Z. & Xu, K. (2022). Effects of soil waterlogging and high-temperature stress on photosynthesis and photosystem II of ginger (*Zingiber officinale*). *Protoplasma*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s00709-022-01783-w>
- Lopes, E., Farinha, N. & Póvoa, O. (2014). Characterization and evaluation of traditional and wild coriander in Alentejo (Portugal). In: Proceedings of 2nd International Symposium on Carrot and Other Apiaceae, 17-19 Sept., France, 1153, pp 77-84. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1153.12>
- Padid, T., Seghatoleslami, M. J., Javadi, H. & Mousavi, S. G. (2021). The effect of irrigation levels and planting date on some morpho-physiological characteristics, biomass and yeild of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 5(1), 93-107. <https://doi.org/10.22034/iuvs.2021.134949.111>
- Payamani, R., Nosratti, I. & Amerian, M. (2021). Effect of different levels of salinity, nitrogen and *Torilis arvensis* competition on growth characteristics and leaf yield of Coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Vegetables Sciences*, 5(1), 51-62. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/iuvs.2021.526940.1153>
- Ploschuk, R. A., Miralles, D. J., Colmer, T. D., Ploschuk, E. L. & Striker, G. G. (2018). Waterlogging of winter crops at early and late stages: impacts on leaf physiology, growth and yield. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01863>
- Ren, B., Dong, S., Zhao, B., Liu, P. & Zhang, J. (2017). Responses of nitrogen metabolism, uptake and translocation of maize to waterlogging at different growth stages. *Frontiers in Plant*

- Science*, 8, 1-16.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01216>
- Ren, B., Zhang, J., Dong, S., Liu, P. & Zhao, B. (2016). Root and shoot responses of summer maize to waterlogging at different stages. *Agronomy Journal*, 108, 1060-1069.
<https://doi.org/10.2134/agronj2015.0547>
- Rhine, M. D., Stevens, G., Shannon, G., Wrather, A. & Slepser, D. (2010). Yield and nutritional responses to waterlogging of soybean cultivars. *Irrigation Science*, 28, 135-142.
<https://doi.org/10.1007/s00271-009-0168-x>
- Sabale, A. & Kale, P. B. (2010). Response of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to waterlogging. *Indian Journal of Plant Physiology*, 15(4), 396-400.
- Shah, N. A., Srivastava, J. P., da Silva, J. A. T. & Shahi, J. P. (2012). Morphological and yield responses of maize (*Zea mays* L.) genotypes subjected to root zone excess soil moisture stress. *Plant Stress*, 6, 59-72.
- Sharma, S. K., Kulshreshtha, N., Kumar, A., Yaduvanshi, N., Singh, M., Prasad, K. & Basak, N. (2018). Waterlogging effects on elemental composition of wheat genotypes in sodic soils. *Journal of Plant Nutrition*, 41, 1252-1262.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1434541>
- Singh, G., Kumar, P., Gupta, V., Tyagi, B., Singh, C., Sharma, A. K. & Singh, G. (2018). Multivariate approach to identify and characterize bread wheat (*Triticum aestivum*) germplasm for waterlogging tolerance in India. *Field Crops Research*, 221, 81-89.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.019>
- Soleh, M. A., Ariyanti, M., Dewi, I. R. & Kadapi, M. (2018). Chlorophyll fluorescence and stomatal conductance of ten sugarcane varieties under waterlogging and fluctuation light intensity. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30 (11), 935-940.
<https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i1.1844>
- Telci, I., Gul Toncer, O. & Sahbaz, N. (2006). Yield, essential oil content and composition of *Coriandrum sativum* varieties (var. vulgare Alef and var. microcarpum DC.) grown in two different locations. *The Journal of Essential Oil Research*, 18(2), 189-193.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699063>
- Tian, G., Qi, D., Zhu, J. & Xu, Y. (2021). Effects of nitrogen fertilizer rates and waterlogging on leaf physiological characteristics and grain yield of maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67, 863-875.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1791830>
- Wang, X., Deng, Z., Zhang, W., Meng, Z., Chang, X. & Lv, M. (2017). Effect of waterlogging duration at different growth stages on the growth, yield, and quality of cotton. *Plos One*, 12, 1-14.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169029>
- Wei, M., Li, X., Yang, R., Li, L., Wang, Z., Wang, X. & Sha, A. (2021). Novel insights into genetic responses for waterlogging stress in two local wheat cultivars in Yangtze River basin. *Frontiers in Genetics*, 12, 1-9.
<https://doi.org/10.3389/fgene.2021.681680>
- Wu, J., Wang, J., Hui, W., Zhao, F., Wang, P., Su, C. & Gong, W. (2022). Physiology of plant responses to water stress and related genes: a review. *Forests*, 13, 324, 1-16.
<https://doi.org/10.3390/f13020324>
- Zeng, R., Chen, L., Wang, X., Cao, J., Li, X., Xu, X., Xia, Q., Chen, T. & Zhang, L. (2020). Effect of waterlogging stress on dry matter accumulation, photosynthesis characteristics, yield, and yield components in three different ecotypes of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Agronomy*, 10, 1-15.

<https://doi.org/10.3390/agronomy10091244>

Zhou, W., Chen, F., Meng, Y., Chandrasekaran, U., Luo, X., Yang, W. & Shu, K. (2020). Plant waterlogging/flooding stress responses: From seed germination to maturation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 228-236.

<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.020>

Zhu, M., Li, F. & Shi, Z. (2016). Morphological and photosynthetic response of waxy corn inbred line to waterlogging. *Photosynthetica*, 54, 636-640. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0203-0>