Journal of Vegetables Sciences, Spring & Summer 2021, Vol 9, No 5(1), Pages 175-190

doi: 10.22034/iuvs.2021.531953.1167 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Effects of Exogenous Application of Plant Hormones on Yield and Physiological Characteristics of Pea under Supplemental Irrigation

Twana Neamat Mohammed[1], Saeid Jalali-Honarmand[2], Mohammad-Eghbal Ghobadi[2] and Ali Rasaei[3*]

1- International M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Genetic and plant production, Razi University, Kermanshah, Iran
2- Associate Professor, Department of Genetic and plant production, Razi University, Kermanshah, Iran
3- Assistant Professor, Sararood Branch, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran

[*]**Corresponding author:** a.rasaei@areeo.ac.ir

(**Received:** 21 June 2021 **Revise:** 22 July 2021 **Accepted:** 31 August 2021)

Extended Abstract

1. Introduction: In crop ecosystems, legumes provide a large portion of the nitrogen required by later crops due to their ability to stabilize atmospheric nitrogen by symbiosis with bacteria. Pea (*Pisum Sativum* L.) is a plant that is very diverse and rich in nutrients**.** In areas where cereals are grown rainfed, it is a good plant to alternate with cereals. In the semi-arid regions, supplemental irrigation is one of the effective methods in compensating for soil moisture deficit and increasing water use efficiency and preventing yield fluctuations and achieving sustainable production. Since pea is a plant that has a short growth period and is harvested green and fresh, so in semi-arid regions, it can be harvested economic yield by application of supplemental irrigation during the critical stage of its growth.

2. Materials and Methods: In order to investigate the effect of supplemental irrigation at flowering, podding, flowering+ podding and rainfed as check and exogenous application of different hormones (3-indoleacetic acid [IAA], gibberellic acid [GA3], 6-benzylaminopurine [6-BAP] and distilled water as control), an experiment was conducted as splitplot-factorial based on randomized complete block design (RB) at Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran in 2016.

3. Results and Discussion: The results showed that the interaction of supplemental irrigation and hormone was significant on green pod yield, biological yield, 100-grains weight, harvest index. The number of pods per plant and grains per pod were influenced by the effects of supplemental irrigation and hormones. The use of supplemental irrigation at two stages (flowering and podding) and the application of hormones (6-BAP and IAA) with values of 8910, 7835, 15100 and 14381 kg ha^{-1} led to produce the highest grain yield and biological yield, respectively. Exogenous application of 6-BAP increased the Fv/Fm (photochemical efficiency of photosystem II), performance index, soluble sugar, soluble protein and leaf relative water content.

4. Conclusion: In general, the supplemental irrigation and exogenous application of growth hormones particularly IAA and 6-BAP, can be suitable to prevent exposure of pea to drought stress during critical stages of flowering and podding and thus increases its economic yield.

Keywords: Economic yield, Growth regulators, Pea, Physiological traits, Supplemental irrigation.

Citation: Neamat Mohammed, T., Jalali-Honarmand, S., Ghobadi, M. E. & Rasaei, A. (2021). Effects of exogenous application of plant hormones on yield and physiological characteristics of Pea under supplemental irrigation. *Journal of Vegetables Sciences*, 5(1), 175-190. doi: 10.22034/iuvs.2021.531953.1167

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).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۵، دوره ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، صفحات (۱۹۰-۱۷۵)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2021.531953.1167

اثرات کاربرد هورمون‌های گیاهی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک نخودفرنگی تحت آبیاری تکمیلی

توانا نعمت محمد[۱]، سعید جلالی‌هنرمند[۲]، محمداقبال قبادی[۲] و علی رسایی[۳*]

۱- دانش‌آموخته بین‌الملل کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- استادیار پژوهش، معاونت سرارود، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

[*]نویسنده مسئول: a.rasaei@areeo.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۰/۰۳/۳۱ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۰۴/۳۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۰۶/۰۹)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد و نمو نخودفرنگی (گلدهی، غلاف‌دهی، گلدهی+ غلاف‌دهی و دیم) و کاربرد هورمون‌های مختلف رشد شامل اکسین (IAA)، جیبرلیک‌اسید (GA_3)، سیتوکینین (6-BAP) و شاهد (آب مقطر)، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. نتایج نشان داد، اجرای آبیاری تکمیلی در دو مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و کاربرد هورمون‌های سیتوکینین و اکسین به‌ترتیب با مقادیر (۸۹۱۰، ۷۸۳۵، ۱۵۱۰۰ و ۱۴۳۸۱ کیلوگرم در هکتار) موجب تولید بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شدند. کاربرد سیتوکینین باعث افزایش میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، شاخص زنده‌مانی، میزان قند و پروتئین محلول و محتوی نسبی آب برگ شد. به‌طور کلی انجام آبیاری تکمیلی و استفاده از هورمون‌های رشد به‌ویژه سیتوکینین و اکسین می‌تواند جهت جلوگیری از مواجه شدن نخودفرنگی با تنش خشکی در مراحل حساس گلدهی و غلاف‌دهی و افزایش عملکرد اقتصادی آن مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: **آبیاری تکمیلی، تنظیم‌کننده‌های رشد، صفات فیزیولوژیک، عملکرد اقتصادی، نخودفرنگی.**

استناد: نعمت محمد، ت.، جلالی‌هنرمند، س.، قبادی، م. ا. و رسایی، ع. (۱۴۰۰). اثرات کاربرد هورمون‌های گیاهی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک نخودفرنگی تحت آبیاری تکمیلی. *علوم سبزی‌ها*، ۵(۱)، ۱۹۰-۱۷۵.

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 به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

امروزه افزایش عملکرد گیاهان زراعی یکی از اهداف مهم برای هماهنگی با افزایش روبه‌رشد جمعیت جهان است. بیش از ۹۰ درصد افزایش جمعیت در کشورهای در حال‌توسعه، یعنی در مناطقی که از قبل با کمبود غذا در رنج بوده‌اند، صورت می‌گیرد. این وضعیت به مفهوم آن است که تولید غذا باید دائماً افزایش یابد تا کمبودهای غذایی انسان در بسیاری از نقاط جهان جبران شود (Millan *et al*., 2006). در بین گیاهان زراعی، خانواده بقولات نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی جوامع بشری، چه از لحاظ کمی و چه از نظر کیفی، به‌ویژه در کشورهای در حال‌توسعه آسیایی، آفریقایی و آمریکای لاتین دارند. در ایران از دیرباز بقولات پس از غلات به‌عنوان دومین منبع مهم غذایی مردم مطرح بوده است. بقولات حاوی ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین هستند و نقش مهمی در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز بشر دارند. از طرف دیگر به‌دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی اتمسفر در برقراری تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم‌های زراعی حائز اهمیت هستند. نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) یا نخود سبز (Green pea) یکی از گیاهان خانواده‌ی بقولات (Fabaceae) است که مناسب برای مناطق با آب و هوای نسبتاً سرد مرطوب است (Razavi & Akbari, 2014)؛ به‌طوری‌که در مناطق گرمسیری کشت زمستانه آن مطلوب‌تر است. این گیاه دارای مواد غذایی بسیار است. در ۱۰۰ گرم آن مقدار پنج تا هفت گرم پروتئین با ارزش زیستی بالا، ۱۴ گرم قند و دارای مقداری چربی، املاح معدنی (پتاسیم و فسفر) و ویتامین‌های گروه B (تیامین و نیاسین) و نیز ویتامین E است. این گیاه به‌علت قرار داشتن باکتری‌های موجود روی ریشه نیتروژن هوا را جذب می‌کند که مقدار آن بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار است (Gholam-Ali, 2016). بعد از برداشت غلاف‌ها، با برگرداندن بقایای گیاهی (شاخ و برگ بوته) که سبز، تازه و آبدار هستند می‌توان از آن به‌عنوان کود سبز در حاصلخیزی خاک نیز بهره برد. برخلاف سایر بقولات ماده ضد غذایی که باعث نفخ شود در آن وجود ندارد و یا بسیار کم است (Al-Marzooqi & Wiseman, 2009). همچنین از لحاظ اقتصادی، محصول این گیاه که همان غلاف‌های تازه حاوی دانه‌های سبز است، قیمت نسبتاً بالایی به‌ویژه در اوایل ورود این محصول به بازار دارد و بنابراین با در نظر گرفتن تاریخ کاشت مناسب می‌تواند صرفه‌ی اقتصادی خوبی برای کشاورزان داشته باشد. برخلاف برخی کشورهای اروپایی و کانادا در ایران سطح زیرکشت پایینی نسبت به سایر بقولات به‌ویژه نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) و عدس (*Lens esculinaris* L.) دارد (FAO, 2019). در مناطقی که کشت غلات به‌صورت دیم مرسوم است و متوسط بارندگی سالیانه ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد، نخودفرنگی گیاه خوبی برای قرار گرفتن در تناوب با غلات است. در مناطق گرمسیری در پاییز و در مناطق معتدل در فصل بهار زراعت می‌شود. تعداد بوته در واحد سطح، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه از اجزای اصلی در عملکرد نهایی نخودفرنگی هستند. تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در یک تراکم مناسب و ثابت همبستگی بسیار بالایی با عملکرد نهایی این محصول دارد (Rasaei *et al*., 2011; Dadras *et al*., 2020).

کم‌آبی مهمترین عامل غیرزیستی محدودکننده برای دست‌یابی به عملکرد پتانسیل گیاهان زراعی محسوب می‌شود. تغییر شرایط آب و هوایی در چند دهه اخیر منجر به کاهش میزان بارندگی و تغییر در توزیع آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی، تغییر در راهکارهای مناسب برای کاهش اختلاف عملکرد واقعی و پتانسیل گیاهان زراعی در این مناطق ضروری است. آبیاری تکمیلی یکی از روش‌های مؤثر در جبران کمبود رطوبت خاک و بالا بردن کارایی مصرف آب و جلوگیری از نوسان عملکرد و دست‌یابی به تولید پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این مقدار آب داده شده به تنهایی برای تولید محصول کافی نیست، بنابراین باید

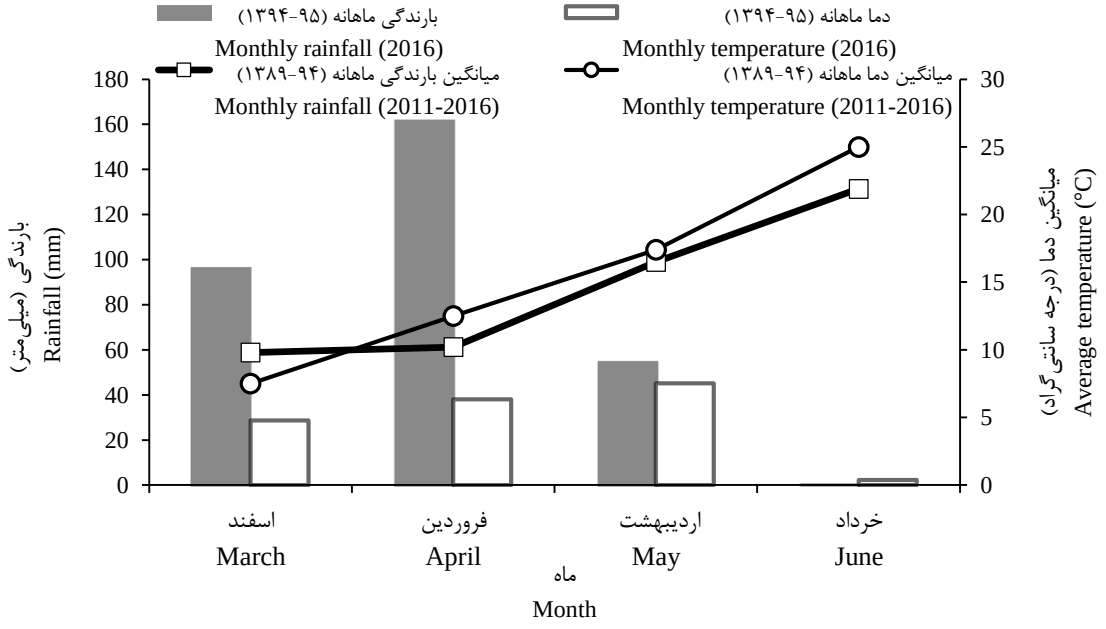
به‌همراه آبیاری باشد. به‌طور کلی اثر مهم آبیاری تکمیلی شامل بهبود عملکرد، ثبات تولید در سال‌های مختلف و بهبود شرایط جهت استفاده از ارقام اصلاح شده، کودهای شیمیایی و علف‌کش‌ها بدون توجه به پراکنش بارندگی‌های فصلی می‌باشد (Tadayon & Emam, 2008). آبیاری تکمیلی نقش کلیدی در تولید گیاهان در کشورهای مختلف دنیا دارد، به‌طوری‌که این روش هم‌اکنون ۸۰ درصد مناطق تحت کشت دنیا و ۶۰ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. Pezeshkpour و همکاران (۲۰۰۸) در ارزیابی تک‌آبیاری و تراکم کاشت بر نخودفرنگی گزارش کردند که عملکرد دانه و بیولوژیکی تحت آبیاری تکمیلی افزایش می‌یابد.

همچنین عوامل درونی زیادی در رشد گیاهان مؤثرند. از مهمترین عوامل درونی، هورمون‌ها یا تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه هستند. هورمون‌ها عهده‌دار تنظیم و هماهنگی فرآیندهایی هستند که در قسمت‌های مختلف گیاهان صورت می‌گیرند. این مواد از ترکیبات آلی هستند که در بافت‌های ویژه‌ای ساخته می‌شوند و مستقیماً از سلولی به سلول دیگر و یا از طریق آوندها در سراسر گیاه انتقال می‌یابند و در محل هدف تأثیر می‌گذارند. سطوح اکسین و سیتوکنین در ریشه در واکنش به تنش خشکی افزایش می‌یابد و این موضوع اشاره به این دارد که این دو هورمون از طریق تحریک رشد ریشه‌های اولیه و در نتیجه جذب آب و مواد غذایی از اعماق خاک، نقش مهمی را در شرایط خشکی ایفا می‌کنند (Ashraf *et al*., 2011).

با توجه به اهمیت نخودفرنگی، این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات آبیاری تکمیلی و کاربرد هورمون‌های مختلف رشد در مراحل مختلف رشد و نمو بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نخودفرنگی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ی تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه‌ی شمالی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه‌ی شرقی با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از ارتفاع از سطح دریا در سال ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. میزان کل بارندگی در سال اجرای آزمایش ۵۲/۹ میلی‌متر بود (شکل ۱).



شکل ۱- بارندگی (میلی‌متر) و میانگین دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد) شهر کرمانشاه در سال ۹۵-۱۳۹۴ و میانگین پنج سال قبل (۹۴-۱۳۸۹)

Figure 1- Monthly rainfall (mm) and agerage temperature (°C) of Kermanshah in 2016 and average of five years ago (2011-2016)

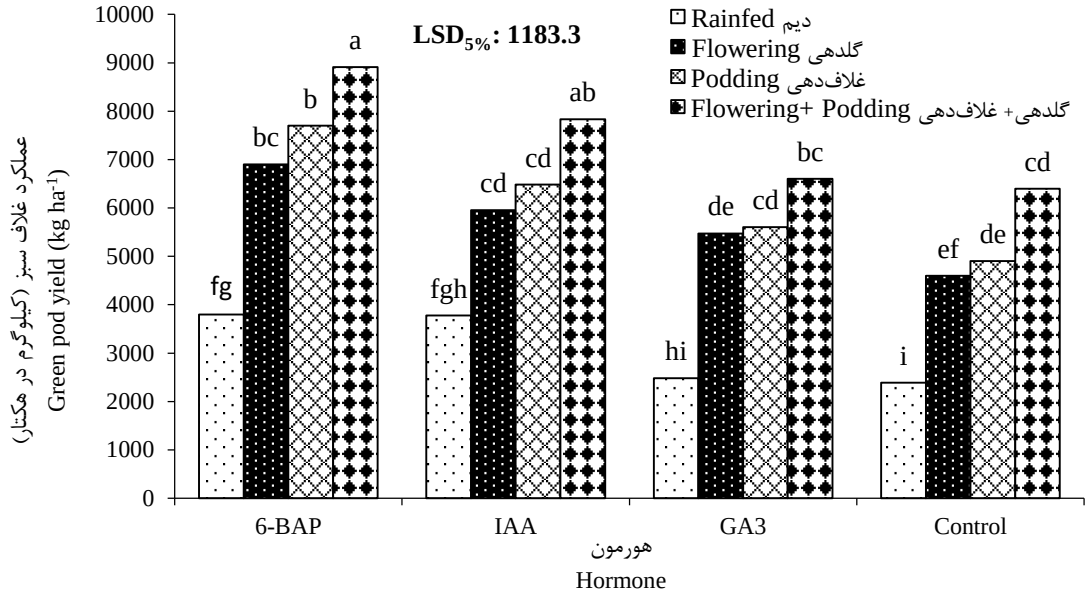
این آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل زمان‌های مختلف آبیاری تکمیلی (گلدهی، غلاف‌دهی، گلدهی+ غلاف‌دهی و دیم) و کرت‌های فرعی شامل محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های مختلف رشد گیاه (۳- ایندول استیک اسید (IAA)، جیبرلیک اسید (GA3)، ۶-بنزیل آمینوپورین (6-BAP) به‌همراه شاهد (آب مقطر) بود. بذر کشت شده در این آزمایش از نوع دانه‌ی چروکیده و رقم واندو بود. کرت‌های فرعی شامل پنج خط کشت به‌طول ۲/۵ متر با تراکم کاشت ۷۰ بوته در مترمربع با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر بود (Rasaei *et al.*, 2012). فاصله بین پلات‌های اصلی جهت جلوگیری از ورود آب آبیاری ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. فاصله‌ی بین بلوک‌ها نیز جهت ایجاد نهر به‌منظور آبیاری تکمیلی ۱/۵ متر بود. کاربرد هورمون‌های گیاهی با ورود گیاهان نخودفرنگی به مراحل گلدهی و غلاف‌دهی انجام شد. در هر بار محلول‌پاشی پنج خط هر پلات فرعی به طول ۲/۵ متر و با میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر از محلول‌ها با غلظت ۵۰ میکرومولار توسط مه‌پاش‌های دستی کاملاً خیس شدند (Yang *et al.*, 2003). در هر مرحله جهت اطمینان از جذب شدن تنظیم‌کننده‌های رشد توسط گیاه عمل محلول‌پاشی در سه روز متوالی بعد از غروب آفتاب (جهت جلوگیری از تجزیه‌ی آن‌ها توسط نور خورشید)، انجام شد. گیاهان شاهد نیز با آب مقطر تیمار شدند.

اندازه‌گیری صفات مورد بررسی در این آزمایش بعد از کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی+ غلاف‌دهی گیاه نخودفرنگی انجام گرفت. برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل و کاروتنوئیدها از روش تغییر یافته Ashraf و همکاران (۱۹۹۴) استفاده شد. از دستگاه فلورسانس‌متر (PEA) مدل (Pocket Pea, Hansatech Instruments Ltd. UK) جهت اندازه‌گیری نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (Fv/Fm) که نمایانگر حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Plant Efficiency Analyser) است و همچنین شاخص عملکرد فتوسنتز (Photosynthetic Performance Index) یا شاخص زنده‌مانی (PI) استفاده شد (Saeidi *et al.*, 2016; Van Heerden *et al.*, 2007). همچنین اندازه‌گیری پایداری غشاء سلولی از سه نمونه‌ی برگی به روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶) انجام گرفت. جهت محاسبه‌ی عملکرد سبز غلاف، با حذف حاشیه‌ها، از هر پلات فرعی تعداد ۲۰ بوته از سطح خاک برداشت شد و عملکرد غلاف‌های سبز محاسبه شد. سپس عملکرد نهایی بر اساس تراکم ۷۰ بوته در مترمربع محاسبه شد. تعداد غلاف در بوته از شمارش تعداد غلاف‌ها در پنج بوته و تعداد دانه در غلاف از شمارش تعداد دانه در غلاف‌های پنج بوته به‌دست آمد. وزن صد دانه نیز از میانگین وزن چهار نمونه‌ی ۱۰۰تایی از محصول هر کرت فرعی محاسبه شد.

به‌منظور انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین، از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده گردید. آزمون به‌کار برده شده جهت مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری صفات، آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (Least Significant Difference; LSD) در سطح احتمال پنج درصد بود. جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

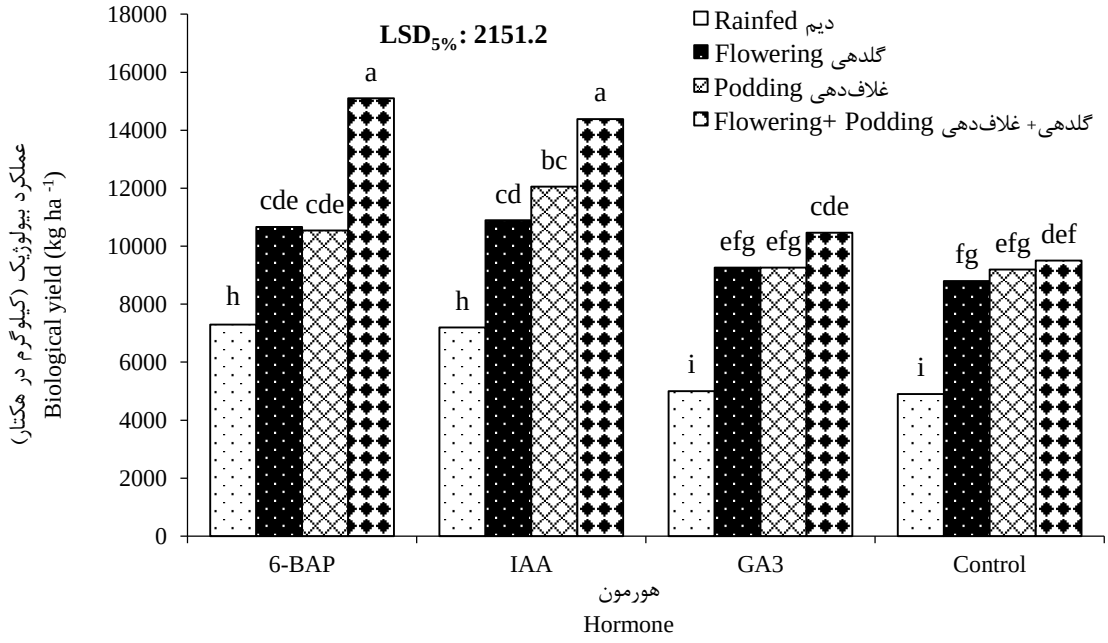
محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین با انجام آبیاری تکمیلی در زمان غلاف‌دهی+ گلدهی بیشترین میزان تولید عملکرد غلاف سبز را داشتند و تفاوت معنی‌داری با اعمال آبیاری تکمیلی در سایر مراحل رشد و نمو نخودفرنگی داشت. به‌طورکلی صرف‌نظر از محلول‌پاشی با هورمون‌های رشد انجام آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم توانسته عملکرد غلاف سبز را افزایش دهد. با این‌حال افزایش عملکرد غلاف سبز تحت شرایط آبیاری تکمیلی با محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد به‌ویژه سیتوکین و اکسین بسیار بیشتر بود (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد بر عملکرد غلاف سبز نخودفرنگی تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد و نمو

Figure 2- The effect of foliar application of different growth hormones on the green pod yield of pea under supplemental irrigation at different stages of growth and development

محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین با انجام آبیاری تکمیلی در زمان غلاف‌دهی+ گلدهی بیشترین میزان تولید عملکرد بیولوژیک را داشت. تفاوت معنی‌داری بین اعمال آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی+ غلاف‌دهی با اعمال آبیاری در سایر مراحل رشد و نمو نخودفرنگی وجود داشت. همانند عملکرد غلاف سبز افزایش عملکرد بیولوژیک تحت آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد به‌ویژه سیتوکین و اکسین بسیار بیشتر بود (شکل ۳).

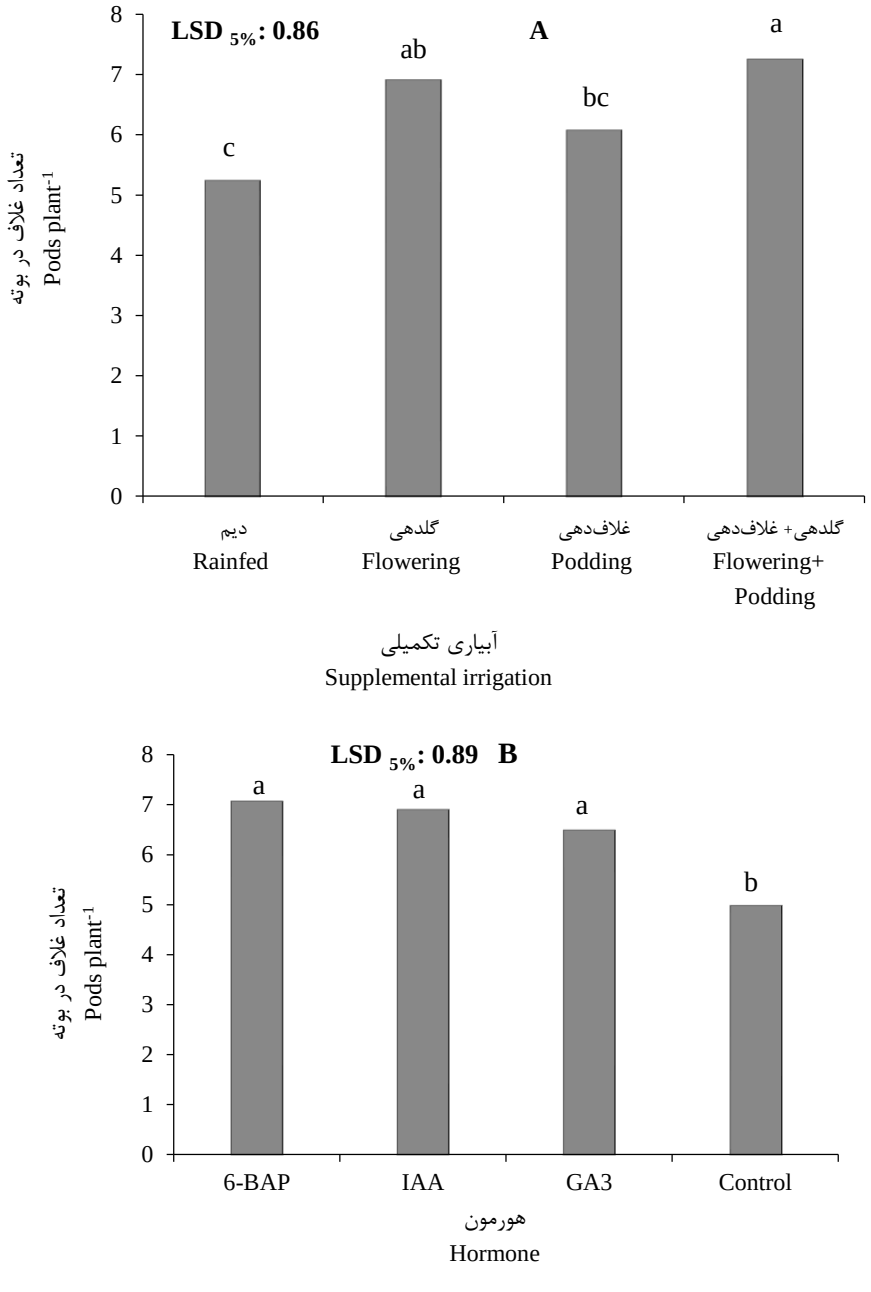


شکل ۳- تأثیر محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد بر عملکرد بیولوژیک نخودفرنگی تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد و نمو

Figure 3- The effect of foliar application of different growth hormones on the biological yield of pea under supplemental irrigation at different stages of growth and development

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

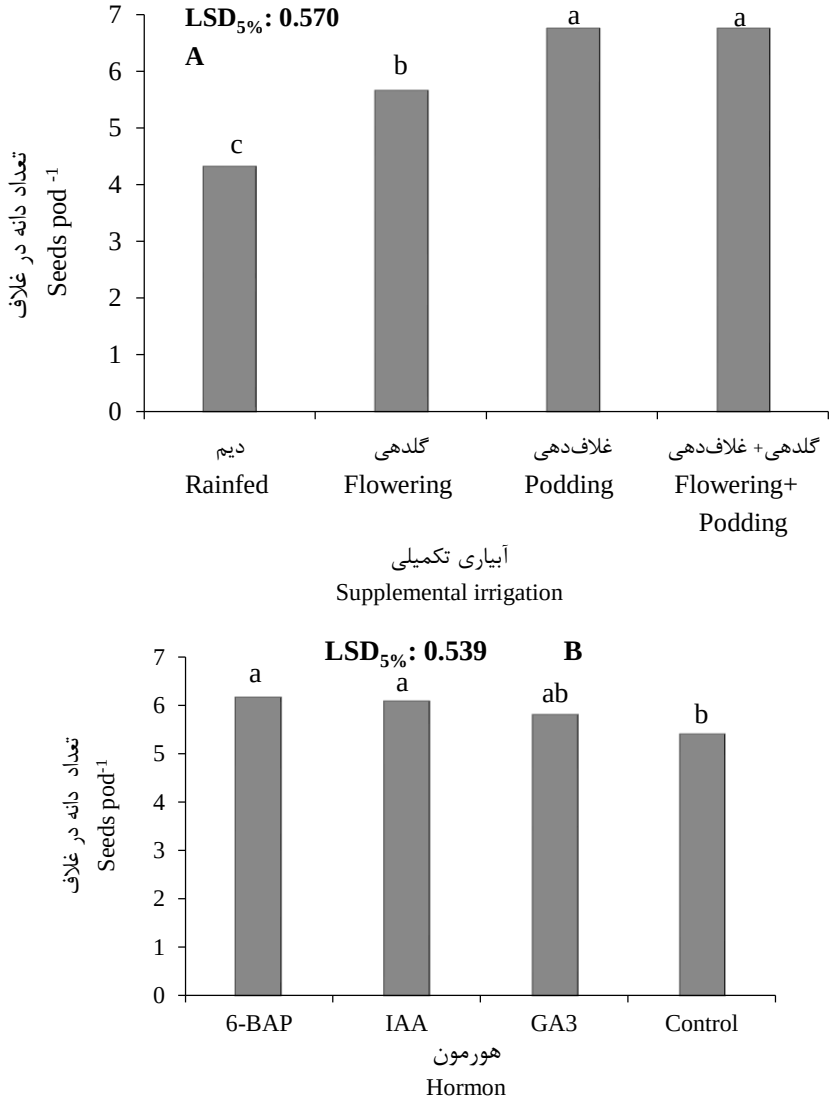
بیشترین تعداد غلاف در بوته با اعمال آبیاری تکمیلی در زمان گلدهی+ غلاف‌دهی به‌دست آمد؛ که تفاوت معنی‌داری با آبیاری در زمان گلدهی نداشت. اما آبیاری در این دو مرحله از رشد گیاه تفاوت معنی‌داری با شرایط دیم برای تعداد غلاف در بوته از خود نشان داد (شکل ۴ الف). بیشترین تعداد غلاف در بوته با کاربرد هورمون‌های مختلف رشد نسبت به عدم کاربرد هورمون به‌دست آمد. بین هورمون‌های مختلف رشد از نظر تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴ ب).



شکل ۴- تأثیر آبیاری تکمیلی (الف) و محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد (ب) بر تعداد غلاف در بوته نخودفرنگی

Figure 4- The effect of supplemental irrigation (a) and foliar application of various growth hormones (b) on the number of pods per pea plant

بیشترین تعداد دانه در غلاف در بوته‌های تحت اعمال آبیاری تکمیلی در زمان‌های غلاف‌دهی و گلدهی+ غلاف‌دهی به‌دست آمد. این دو مرحله تفاوت معنی‌داری با یکدیگر برای صفت تعداد دانه در غلاف نداشتند. اما تفاوت معنی‌داری با سطوح آبیاری در مراحل گلدهی و شرایط دیم داشتند. به‌طورکلی انجام آبیاری تکمیلی تعداد دانه در غلاف را نسبت به شرایط دیم افزایش داد (شکل ۵ الف). همچنین با کاربرد هورمون‌های مختلف رشد نسبت به عدم کاربرد آن‌ها صفت تعداد دانه در غلاف افزایش پیدا کرد. این افزایش در کاربرد هورمون‌های سیتوکینین و اکسین تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت (شکل ۵ ب).



شکل ۵- تأثیر آبیاری تکمیلی (الف) و محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد (ب) بر تعداد دانه در غلاف

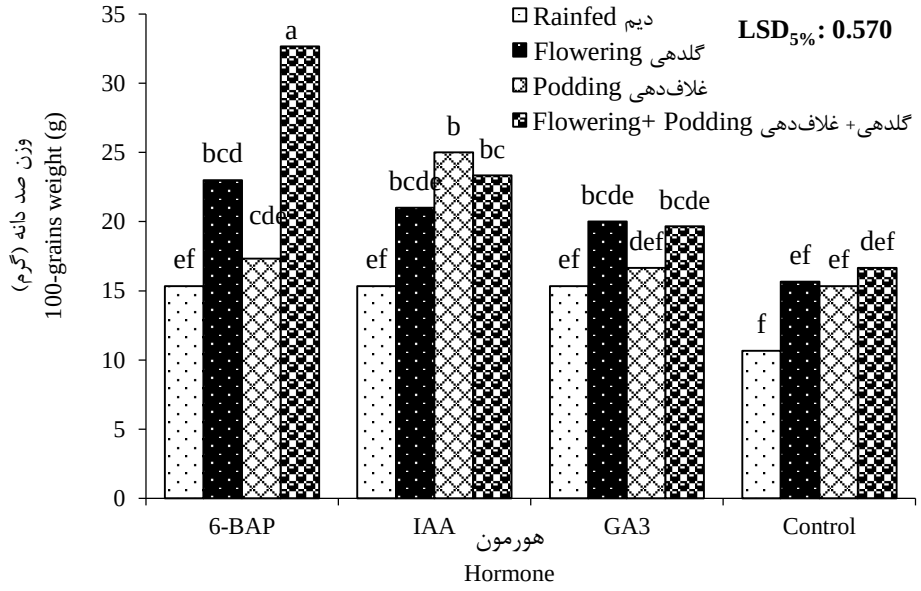
Figure 5- The effect of supplemental irrigation (a) and foliar application of various growth hormones (b) on the number of seeds per pod

وزن صد دانه

بیشترین میزان وزن صد دانه مربوط با کاربرد هورمون سیتوکینین و آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی+ غلاف‌دهی مشاهده شد. به‌طور کلی وزن صد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم چه در سطوح کاربرد هورمون و چه برای سطوح عدم کاربرد هورمون مقدار بیشتری داشته است. با این‌حال افزایش وزن صد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی همراه با

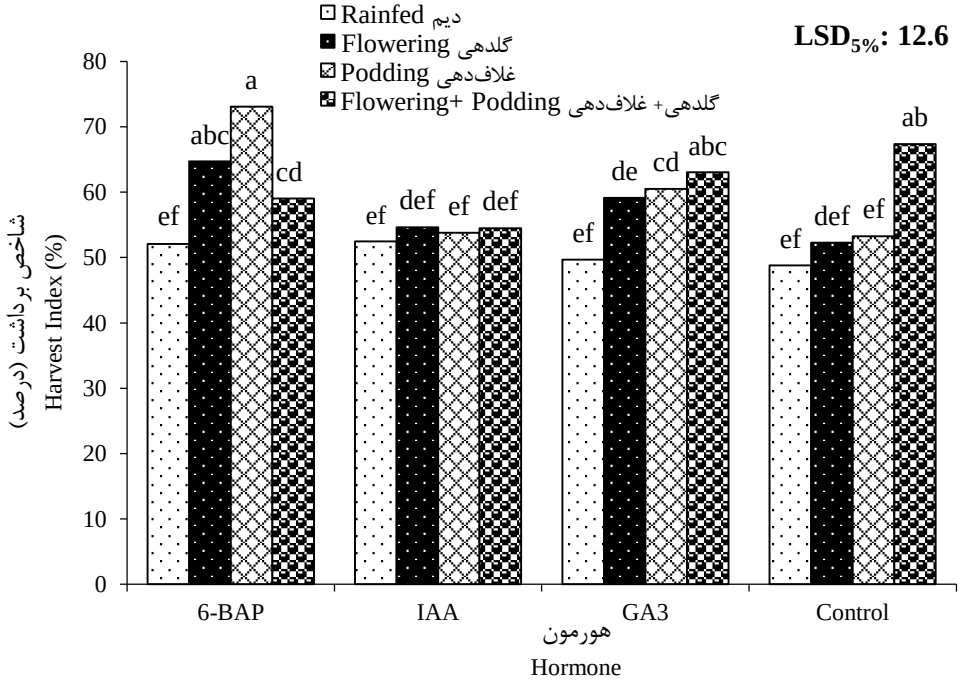
محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد به‌ویژه سیتوکینین بیشتر بود (شکل ۶).

بیشترین درصد شاخص برداشت (۷۵ درصد) با کاربرد هورمون سیتوکینین تحت شرایط انجام آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف‌دهی به‌دست آمد. به‌طور کلی با اعمال آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم باعث شاخص برداشت نخودفرنگی افزایش یافت (شکل ۷).



شکل ۶- تأثیر محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد بر وزن صد دانه نخودفرنگی تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد و نمو

Figure 6- The effect of foliar application of different growth hormones on the 100-grains weight of pea under supplemental irrigation at different stages of growth and development



شکل ۷- تأثیر محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد بر شاخص برداشت نخودفرنگی تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد و نمو

Figure 7- The effect of foliar application of different growth hormones on the harvest index of pea under supplemental irrigation at different stages of growth and development

Rasaei و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثرات آبیاری تکمیلی و تراکم مختلف کاشت بر روی نخودفرنگی گزارش کردند که در یک تراکم کاشت مناسب (۷۰ بوته در مترمربع) تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل ۵۰ درصد گلدهی+ ۵۰ درصد غلاف‌دهی موجب تولید بیشترین میزان غلاف سبز می‌شود. کمترین میزان عملکرد نیز در تراکم ۹۰ بوته در مترمربع و در شرایط دیم به‌دست آمد. تنش خشکی، رشد رویشی و عملکرد را از طریق کاهش سطح برگ و فتوسنتز کاهش می‌دهد و این امر منجر به کاهش فتوسنتز گیاه می‌گردد. میزان این کاهش به شدت تنش و مرحله‌ای از نمو که تنش رخ می‌دهد، بستگی دارد. انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد گیاه می‌تواند از شدت خسارت تنش بکاهد و عملکرد را افزایش دهد (Jongdee *et al.*, 2002). اثر آبیاری تکمیلی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سایر بقولات نیز گزارش شده است. Oweis و همکاران (۲۰۰۴ ب)، در بررسی کاشت زمستانه‌ی نخود زراعی تحت شرایط آبیاری تکمیلی گزارش کردند که آبیاری تکمیلی در نخود زراعی نیز موجب افزایش عملکرد می‌شود و در بررسی دیگر نیز گزارش کردند که عملکرد دانه و بیولوژیکی عدس تحت شرایط آبیاری تکمیلی به‌ترتیب ۷۴ و ۴۵ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش می‌یابد (Oweis *et al.*, 2004a).

انجام آبیاری تکمیلی و اثر مثبت آن بستگی به دوره‌ی رشد گیاه و تاریخ کاشت مناسب آن گیاه نیز دارد. در مطالعه‌ای که به‌منظور ارزیابی تاریخ کاشت مناسب و اعمال آبیاری تکمیلی بر روی ارقام نخودفرنگی در منطقه کرمانشاه توسط Rasaei و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد، نتایج نشان داد که تاریخ کاشت ۱۰ اسفند نسبت به تاریخ کاشت ۲۴ اسفند امکان استفاده بهتری از بارندگی‌ها برای رشد و نمو ارقام نخودفرنگی ایجاد می‌کند. در این پژوهش، طبق مطالعات قبلی با در نظر گرفتن تاریخ کاشت مناسب و میزان بارندگی بیشتر نسبت به میانگین پنج سال گذشته در اسفندماه گیاهان نخودفرنگی کشت شده برای جوانه‌زنی و رشد و استقرار گیاهچه با کمبود آب مواجه نبودند. حتی در فروردین ماه میزان بارندگی بسیار بیشتر از ماه قبل و میانگین بارندگی در پنج سال گذشته بود (شکل ۱). بنابراین می‌توان گفت دوره رویشی گیاهان نخودفرنگی با تنش خشکی مواجه نشد. با این حال ورود گیاهان نخودفرنگی به مرحله گلدهی در دهه‌ی سوم اردیبهشت‌ماه بود که با توجه به اطلاعات هواشناسی (شکل ۱)، میزان بارندگی در این ماه کاهش پیدا کرد و این کاهش بارندگی در خردادماه که زمان ورود گیاهان به مرحله غلاف‌دهی و پر شدن دانه بود بسیار بیشتر بود. بنابراین دوره‌ی رشد زایشی (گلدهی) و غلاف‌دهی و پر شدن دانه در نخودفرنگی با گذشت زمان (از فروردین‌ماه به بعد) با تنش خشکی مواجه شد. به‌همین دلیل نیز در این پژوهش انجام آبیاری تکمیلی در دو مرحله‌ی گلدهی+ غلاف‌دهی باعث تولید بیشترین عملکرد سبز غلاف، عملکرد بیولوژیکی، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف شد. البته اثر هورمون‌های مختلف گیاهی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی در دو مرحله گلدهی+ غلاف‌دهی نیز قابل‌توجه است. به‌طوری‌که دو هورمون سیتوکینین و اکسین بیشترین اثر مثبت را داشتند. کاربرد خارجی این هورمون‌ها حتی بر گیاهان نخودفرنگی که تحت شرایط دیم بوده‌اند توانسته تقریباً ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد غلاف سبز را نسبت به کاربرد جیبرلیک‌اسید و عدم کاربرد هورمون‌های گیاهی (شاهد) افزایش دهد. حتی افزایش دو برابری برای عملکرد بیولوژیکی در گیاهان تحت کاربرد خارجی سیتوکینین و اکسین نسبت به کاربرد هورمون جیبرلیک‌اسید و شاهد در شرایط دیم (بدون آبیاری تکمیلی) دیده شد. در سایر پژوهش‌ها نیز مشخص شد که آبیاری تکمیلی و کاربرد خارجی مواد رشد گیاهی مانند هیومیک‌اسید در زمان گلدهی موجب تولید عملکرد بالاتری نسبت به شرایط دیم و عدم استفاده از هیومیک‌اسید در نخودفرنگی شد (Ghobadi *et al.*, 2012). محلول‌پاشی مواد مختلف بر نخودفرنگی می‌تواند موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آن شود. به‌طوری‌که گزارش شده کاربرد هورمون جیبرلیک‌اسید، موجب افزایش ارتفاع ساقه و

تعداد و اندازه‌ی شاخ و برگ گیاه نخودفرنگی می‌شود و با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آن موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه آن نسبت به شاهد می‌شود (Lal *et al.*, 2015). Bora و Sarma (۲۰۰۶) نیز در مطالعه خود دریافتند کاربرد هورمون جیبرلیک‌اسید و سایکوسل موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد نخودفرنگی می‌شود. افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخودفرنگی توسط تیمار کردن بذرها توسط شبه‌هورمون سالیسلیک‌اسید و محلول‌پاشی این ماده بر روی گیاهان نخودفرنگی توسط Murtaza و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است.

حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II

حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در برگ‌های گیاه نخودفرنگی در زمان آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی+ غلاف‌دهی به‌دست آمده است. کمترین میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II نیز مربوط به شرایط دیم می‌باشد. با این وجود تفاوت معنی‌داری با آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی وجود ندارد (جدول ۱). در بین هورمون‌های مختلف رشد استفاده شده نیز سیتوکینین بیشترین میزان حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II را به خود اختصاص داد. به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری با عدم کاربرد هورمون و حتی کاربرد هورمون‌های اکسین و جیبرلیک‌اسید داشت (جدول ۱).

شاخص زنده‌مانی

بیشترین میزان برای شاخص زنده‌مانی در شرایط انجام آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی+ غلاف‌دهی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و شرایط دیم داشت. با این‌حال تفاوت معنی‌داری بین آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی با شرایط دیم وجود نداشت (جدول ۱). کاربرد هورمون‌های مختلف رشد توانست میزان شاخص زنده‌مانی را نسبت به عدم کاربرد هورمون افزایش دهد و در بین هورمون‌های استفاده شده استفاده از سیتوکینین بیشترین میزان شاخص زنده‌مانی را در برگ‌ها به‌وجود آورد. اما بین دو هورمون اکسین و جیبرلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۱).

پایداری غشای سلول

بیشترین درصد پایداری غشای سلول در برگ‌های نخودفرنگی مربوط به محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین است. محلول‌پاشی این دو هورمون تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی با هورمون جیبرلیک‌اسید و عدم محلول‌پاشی دارد. همچنین بین محلول‌پاشی جیبرلیک‌اسید وتأثیر معنی‌داری بر درصد پایداری غشای سلول ندارد(جدول ۱).

محتوی پروتئین محلول برگ

بیشترین میزان پروتئین محلول در برگ‌های نخودفرنگی تحت شرایط شرایط دیم مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با انجام آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی، غلاف‌دهی و گلدهی+ غلاف‌دهی دارد. بین مراحل مختلف آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌دار دیده نشد (جدول ۱).

محتوای نسبی آب برگ

انجام آبیاری تکمیلی در تمامی مراحل رشد و نمو بدون در نظر گرفتن کاربرد هورمون باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان نخودفرنگی شده است و در بین آن‌ها آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی+ غلاف‌دهی بیشترین درصد محتوای نسبی آب برگ را دارد (جدول ۱). همچنین محلول‌پاشی با هورمون سیتوکینین و اکسین درصد محتوای نسبی آب برگ نسبت به گیاهان محلول‌پاشی شده با هورمون جیبیرلین و عدم محلول‌پاشی افزایش داد (جدول ۱).

محتوای قند محلول برگ

بیشترین میزان قند در برگ‌ها در شرایط دیم مشاهده شد و کمترین مربوط به آبیاری در دو مرحله گلدهی+ غلاف‌دهی بود (جدول ۱). همچنین بیشترین میزان قند محلول برگ با استفاده از محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین بود. به‌طوری‌که تفاوت معنی‌دار با استفاده از هورمون جیبرلیک‌اسید و عدم محلول‌پاشی داشت (جدول ۱).

جدول ۱- تأثیر آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد بر برخی صفات فیزیولوژیک برگ نخودفرنگی

Table 1- The effect of supplemental irrigation and foliar application of various growth hormones on some physiological traits of pea leaf

آبیاری تکمیلی Supplemental Irrigation	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستمII Fv/Fm	شاخص زنده‌مانی Photosynthetic Performance Index	پایداری غشای سلول (٪) Cell Membrane Stability (%)	قند محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) Soluble sugar (mg g^{-1}.leaf fresh weight)	محتوای نسبی آب (٪) Relative Water Content (%)	پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) Soluble protein (mg g^{-1}.leaf fresh weight)
دیم Rainfed	0.485^{b}	6.05^{b}	55.7^{b}	343.98^{a}	52.70^{b}	11.75^{a}
گلدهی Flowering	0.619^{ab}	7.94^{b}	60.19^{b}	241.83^{b}	75.04^{ab}	7.58^{b}
غلاف‌دهی Podding	0.590^{ab}	7.46^{b}	59.68^{b}	246.52^{b}	78.27^{a}	6.25^{b}
گلدهی+غلاف‌دهی Flowering+ Podding	0.745^{a}	10.95^{a}	85.7^{a}	176.19^{c}	97.84^{a}	5.47^{b}
LSD5%	0.158	2.39	24.14	60.98	23.26	2.15
هورمون‌های رشد Growth hormones						
شاهد Control	0.555^{c}	5.44^{c}	58.05^{b}	203.52^{b}	67.90^{b}	7.19^{a}
اکسین IAA	0.617^{b}	7.97^{b}	68.35^{a}	282.34^{a}	82.02^{a}	7.60^{a}
جیبرلیک اسید GA_3	0.593^{bc}	8.63^{b}	61.15^{b}	236.59^{b}	67.75^{b}	7.99^{a}
سیتوکنین 6-BAP	0.673^{a}	10.36^{a}	73.30^{a}	284.06^{a}	86.17^{a}	8.28^{a}
LSD5%	0.051	0.92	6.50	38.80	6.76	1.25

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

The means with similar letters in each column, based on the least significant difference test (LSD), do not differ significantly from each other at the 5% probability level.

تأثیرات منفی که تنش‌های محیطی بر کلروپلاست و فتوسنتز دارد سبب کاهش توان دستگاه فتوسنتزی در تولید انرژی و آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن در چرخه‌ی تاریکی فتوسنتز می‌شود که با کاهش تولید کربوهیدرات همراه است. در نتیجه کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را در پی دارد (Adeniyi *et al.*, 2004). تنش‌های غیرزیستی می‌توانند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ویژگی‌های فتوسنتزی برگ‌ها را تحت تأثیر قرار داده و خصوصیات فلورسنس کلروفیل آن‌ها را تغییر دهند. نسبت Fv/Fm بیانگر حداکثر عملکرد کوانتومی واکنش فتوشیمیایی فتوسیستم II می‌باشد و یک شاخص مهم برای تعیین وضعیت دستگاه فتوسنتزی است. از بین رفتن استحکام غشاء تیلاکوئید و در نتیجه نشت مواد از غشاء باعث کاهش انتقال الکترون در فتوسیستم II می‌شود که با نسبت Fv/Fm همبستگی زیادی دارد. توقف فتوسنتز و تنفس توسط تنش خشکی و گرما تا حدودی به‌وسیله‌ی تغییر ساختار غشاء کنترل می‌شود. افزایش توانایی گیاه برای حفظ تورژسانس از راه پایداری غشاء سلولی، بر تحمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌افزاید. نتایج نشان داد بیشترین میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و شاخص زنده‌مانی در شرایط آبیاری تکمیلی و کمترین میزان این صفات در شرایط دیم به‌دست آمد. بنابراین اختلال در انتقال الکترون‌ها و به‌طور کلی در ساختار غشای

سلول‌های برگ گیاهان نخودفرنگی که در شرایط دیم و کمبود آب بوده‌اند، دیده می‌شود. از طرفی محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد به‌ویژه سیتوکینین نشان دادند که نقش مؤثری در حفظ پایداری غشای سلول و در نتیجه کارکرد صحیح آن دارند. چنانکه همین هورمون در صفت حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و شاخص زنده‌مانی که میزان آن‌ها کاملاً وابسته به ساختمان پایدار و کارکرد منظم غشای سلول و تیلاکوئیدها است، باعث بیشترین مقدار برای این دو ویژگی مهم فتوسنتزی شده است. Vannozi و Larner (۲۰۰۷) نشان دادند تنش خشکی از تکامل غشاء سلول‌ها جلوگیری می‌کند و باعث نشت الکترولیت‌ها می‌شود. در بررسی که Embiale و همکاران (۲۰۱۶)، به‌منظور کمبود آب بر روی ارقام مختلف نخودفرنگی انجام دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که تنش آب بسیاری از ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ از جمله حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، میزان فتوسنتز خالص، سرعت تنفس را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد که به‌دنبال آن رشد گیاه، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی نیز کاهش می‌یابد. محتوای نسبی آب برگ یک معیار مفید جهت ارزیابی توانایی گیاه برای حفظ آب در سلول‌های برگی خود تحت تنش‌های خشکی و گرما است. گیاهانی که بدون بستن روزنه‌های خود دارای مقادیر آب بیشتری در سلول‌های خود هستند، برای زراعت در شرایط خشکی مناسب‌اند. در چنین شرایطی گیاهان ممکن است محتوای نسبی آب بالا در برگ‌های خود را از طریق قابلیت تنظیم اسمزی حفظ کنند. نتایج نشان داد محتوای قند محلول و پروتئین محلول در شرایط کمبود آب (دیم) میزان بیشتری در برگ‌های نخودفرنگی داشته است. همچنین با کاربرد هورمون‌های مختلف رشد به‌ویژه سیتوکینین و اکسین نیز میزان آن‌ها بیشتر بوده است. از طرفی با استفاده از همین دو هورمون (سیتوکینین و اکسین)، نتایج نشان داد که درصد محتوای نسبی آب برگ گیاهان نخودفرنگی نیز نسبت به سایر شرایط بیشتر می‌باشد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به نقشی که میزان قند و پروتئین محلول در تنظیم روابط اسمزی در سلول‌ها دارند، کاربرد این دو هورمون با بهبود میزان مواد تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی در سلول یعنی میزان قند و پروتئین محلول توانسته درصد محتوای نسبی آب سلول‌های برگی خود را بالا نگه دارد. چنین نتیجه‌ای در آزمایش Rasaei و همکاران (۲۰۱۳)، که بر روی نخود زراعی انجام دادند نیز نشان داده شده است. آن‌ها گزارش کردند که کاربرد خارجی هیومیک‌اسید می‌تواند نقش مؤثری در میزان قند محلول در برگ‌های نخود زراعی داشته باشد که در نتیجه آن محتوی آب نسبی برگ درصد بیشتری دارد. Rozrokh و همکاران (۲۰۱۲)، نیز گزارش کردند که تنش خشکی پتانسیل آب سلول‌های برگ نخود را کاهش می‌دهد اما گیاه با افزایش مواد تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی مانند قند محلول می‌تواند تنش وارد شده را تحمل کند. تأثیر هورمون‌ها در افزایش میزان قند مربوط به اثرات مثبتی است که بر حفظ غشای سلول‌ها و حفظ ساختار رنگیزه‌های فتوسنتزی دارند که به‌دنبال آن میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد یا فتوسنتز آن‌ها نسبت به گیاهان در شرایط تنش کمتر دچار افت می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع می‌توان گفت گیاه نخودفرنگی با توجه به این‌که از خانواده بقولات است ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و همچنین نقش مؤثری در بهبود وضعیت خاک می‌تواند داشته باشد. از ویژگی دیگر آن دوره‌ی رشد نسبتاً کوتاه از کاشت تا برداشت غلاف سبز است و همچنین از لحاظ اقتصادی می‌تواند محصولی پردرآمد برای کشاورزان باشد. بنابراین با توجه به مطالعات قبلی صورت گرفته و همچنین نتایج این پژوهش، می‌توان این گیاه را به‌عنوان یک گیاه مناسب پیش از محصولاتی مانند ذرت علوفه‌ای که معمولاً تاریخ کشت دیرتری در فصل بهار دارند با در نظر گرفتن تاریخ مناسب کشت کرد. به‌طوری‌که دوره‌ی رویشی این گیاه مصادف با بارندگی‌های بهاره باشد و

فقط دوره‌ی زایشی و در مراحل حساس گلدهی و غلاف‌دهی یک یا دو دور آبیاری تکمیلی انجام گیرد. نتایج نشان داد که استفاده از آبیاری تکمیلی عملکرد غلاف سبز، عملکرد بیولوژیکی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و بسیاری از صفات فیزیولوژیک گیاه که در طول رشد و نمو می‌توانند بر اجزای عملکرد و عملکرد نهایی اثر داشته باشند را نسبت به شرایط کمبود آب (دیم) بهبود ببخشد. همچنین استفاده از هورمون‌های رشد به‌ویژه سیتوکینین و اکسین می‌تواند توانایی گیاه را برای تحمل به کمبود آب با بهبود بسیاری از صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی از جمله کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، شاخص زنده‌مانی، محتوای نسبی آب برگ، محتوای قند و پروتئین محلول برگ افزایش دهد. بهبود چنین ویژگی‌هایی در نهایت موجب به‌دست آمدن عملکرد بالاتر می‌شود.

سپاسگزاری

در پایان از زحمات تمامی دوستان و همکاران که ما را در اجرای این پروژه یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

References

- Adeniyi, O. T., Akparobi, S. O. & Ekanayake, I. J. (2004). Field studies on chlorophyll a fluorescence for low temperature tolerance testing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Food, Agriculture and Environment*, 2(1), 166-170.
- Al-Marzooqi, M. & Wiseman, J. (2009). Effect of extrusion under controlled temperature and moisture conditions on ileal apparent amino acid and starch digestibility in peas determined with young broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 153, 113-130.
- Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H. & Ala, S. A. (1994). Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologiae Plantarum*, 16, 185-190.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Al-Qurainy, F. & Foolad, M. R. (2011). Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators and mineral nutrients. 295P.
- Bora, R. K. & Sarma, C. M. (2006). Effect of gibberellic acid and cycocel on growth, yield and protein content of Pea. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(2), 324-330.
- Dadras, A. R., Azimi, M., Khodadadi, M., Aghabeygi, M., Abdolahi, A. & Mohamadi, A. (2020). Investigation the agronomic traits, yield and stability of different Pea (*Pisum Sativum* L.) cultivars in tarom region of Iran using graphical analysis. *Journal of Vegetables Sciences*, 4(7), 113-130. (In Persian)
- Embiale, A., Hussein, M., Husen, A., Sahile, S. & Mohammed, K. (2016). Differential sensitivity of *Pisum sativum* L. cultivars to water-deficit stress: changes in growth, water status, chlorophyll fluorescence and gas exchange attributes. *Journal of Agronomy*, 15(2), 45-57.
- Food and Agriculture Organization. (2019). In FAOSTAT, from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
- Ghobadi, M. E., Sheykhi, S., Rashidi, N., Rasaei, A. & Rasaei, B. (2012). The effects of application of humic acid and supplemental irrigation on cultivars of peas (*Pisium sativum* L.) in Kermanshah. Eurasian Symposium on Vegetables and Greens, *Yerevan, Armenia*, 31 P.
- Gholam-Ali, P. (2016). Vegetables under plastic cover. University of Guilan. Page 172. (In Persian)
- Jongdee, B., Fukai, S. & Cooper, M. (2002). Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. *Field Crops Research*, 76, 153-163.
- Lal, S., Azmi, N., Pushpwan, P. S. & Farooq Shah, A. (2015). Promotory Effects of Some Phytohormone on the Stem Growth Patterns of *Pisum sativum*

(Pea) over the Control, *International Journal of Life Sciences*, 4(2), 90-95.
- Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78, 389-398.
- Millan, T., Clarke, H. J., Siiddique, K. H. M., Buhariwalla, H. K., Gaur, P. M., Kumar, J., Gil, J., Kahl, G. & Winter, P. (2006). Chickpea molecular breeding: new tools and Concepts. *Euphytica*, 147(1), 81-103.
- Murtaza, G., Asghar, R. & Ahmad, S. (2007). The yield and yield components of pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by salicylic acid *Pakistan Journal of Botany*, 39(2), 551-559.
- Oweis, T., Hachum, A. & Pala, M. (2004a). Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 68, 251-265.
- Oweis, T., Hachum, A. & Pala, M. (2004b). Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 66, 163-179.
- Pezeshkpour, P., Mousavi, S. K., Shahabi, S., Kalhor, M. & Khourgami, A. (2008). Effects of supplemental irrigation and crop density on dry-land pea (*Pisum Sativum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences (Journal of Agriculture)*, 39(2), 389-397. (In Persian)
- Rasaei, A., Ghobadi, M. E., Ghobadi, M. & Abdi-niya, K. (2011). The study of traits correlation and path analysis of the grain yield of the peas in semi-dry conditions in Kermanshah. *International Conference on Food Engineering and Biotechnology*, May 28-29, Bangkok, Thailand. 246-249.
- Rasaei, B., Ghobadi, M. E., Ghobadi, M. & Rasaei, A. (2011). Evaluation of the effects of supplementary irrigation and planting date on yield and yield components of three pea cultivars in Kermanshah region. Razi University Annual Scientific Conference. (In Persian)
- Rasaei, A., Ghobadi, M. E. & Ghobadi, M. (2012). Effect of supplemental irrigation and plant density on yield and yield components of peas (*Pisum sativum* L.) in Kermanshah region. *African Journal of Agricultural Research*, 7(15), 2353-2358.
- Rasaei, B., Ghobadi, M. E., Ghobadi, M., Najaphy, A. & Rasaei, A. (2012). The study effects of some biological agents on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-dry conditions in Kermanshah. *European Journal of Experimental Biology*, 2(4), 1113-1118.
- Rasaei, B., Ghobadi, M. E., Ghobadi, M. & Najaphy, A. (2013). Reducing effects of drought stress by application of humic acid, mycorrhiza and rhizobium on chickpea. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(16), 1775-1778.
- Razavi, M. & Akbari, A. (2014). Biophysical properties of agricultural products and foods. Ferdowsi. University of Mashhad Press.
- Rozrokh, M., Sabaghpour, S. H., Armin, M. & Asgharipour, M. (2012). The effects of drought stress on some biochemical traits in twenty genotypes of chickpea. *European Journal of Experimental Biology*, 2(6), 1980-1987.
- Saeidi, M., Jalali, S. & Rasaei, A. (2016). Physiological breeding II. A Field Guide to Wheat Phenotyping (1th ed). Jdmpress. (In Persian)
- Tadayon, M. R., & Emam, Y. (2008). Effect of supplemental irrigation and nitrogen on mean grain weight, test weight and grain yield of wheat under dryland conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 39(1), 99-112. (In Persian)
- Van Heerden, P. D. R., Swanepoel, J. W. & Kruger, G. H. J. (2007). Modulation of photosynthesis by drought in two desert scrub species exhibiting C_3-mode CO_2

assimilation, Environ. *Journal of the Society of Experimental Botany*, 61, 124-136.
- Vannozi, G. & Larner, F. (2007). Proline accumulation during drought rhizogene in maise. *Journal Plant Physiology*, 85, 441-467.
- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z. & Zhu, Q. (2003). Hormones in the grains in relation to sink strength and postanthesis development of spikelets in rice. *Plant Growth Regulation*, 41, 185-195.