Journal of Plant Environmental Physiology
ISSN: 7671-2423 (Print), 2783-4689 (Online) http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir
Doi: 10.30495/iper.2022.688804
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.67.10.7
Islamic Azad University Gorgan Branch

Investigation of the effect of plant density and humic acid on paddy yield, water use efficiency, and biochemical traits of direct-seeded rice cultivation (*Oryza sativa* L.) in northern Iran

Manizhe Kalteh[1], Hossein Ajam Norouzi[2*], Abolfzal Faraji[3], Abdol Aziz Haghighi[4], Ebrahim Gholamalipour Alamdari[5]

[1] Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: manizhe.kalteh@yahoo.com
[2] Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: hosseinajamnorouzi99@yahoo.com
[3] Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Department of Horticulture and Agronomy, Gorgan, Iran, Email: abolfazlfaraji99@yahoo.com
[4] Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Department of Plant Protection, Gorgan, Iran, Email: abdolazizhaghighi99@yahoo.com
[5] Gonbad Kavous University, College of Agriculture and Natural Resources, Plant Production Department, Gonbad Kavous, Iran, Email: ebrahimgholamalipour@yahoo.com

Serial 67, 17th year, Number 3, Autumn 2022 (140-151)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 06.03.2021
Revised:05.05.2021
Accepted: 22.05.2021

Keywords
Direct-seeded Rice cultivation
Paddy yield
Grain protein
Water use efficiency
Chlorophyll a, b

Abstract

The transition from transplanting rice cultivation to direct-seeding rice cultivation has recently begun in Iran, especially in Golestan province. No information is yet available on the effect of humic acid and plant density on paddy yield and some of its biochemical traits. For this purpose, an experiment was conducted in a research farm located in Gonbad city during May to September 2019 in the form of split plot-factorial based on randomized complete block design with three replications. Plant density (plant spacing per row) was considered as the main factor with 4 levels (5, 10, 15, and 20 cm) and humic acid consumption at 2 levels (humic acid consumption, no humic acid consumption) was considered as subplots. Humic acid fertilizer with a concentration of 250 ml per hectare was added in three stages including tillering (4-6 leaves), stalking (20-30 days after tillering), and before panicle initiation. Results showed that the effects of plant spacing on row and humic acid application on 1000-seed weight, paddy yield, biological yield, harvest index, grain protein, water use efficiency, and chlorophyll a and b and total chlorophyll were significant. Considering 5 and 10 cm plant spacing on rows along with humic acid application had the highest rice yield and water use efficiency. Also, chlorophyll content showed a significant change with increasing plant density and application of humic acid with a significant increase in chlorophyll a and b, which in turn was effective in increasing paddy yield. Rice protein also showed the highest level in 10 cm spacing between plants on each row along with the application of humic acid..

Please cite this article as Kalteh, M., Ajam Norouzi, H., Faraji, A., Haghighi, Ab.A., Gholamalipour Alamdari, E. 2022. Investigation of the effect of plant density and humic acid on paddy yield, water use efficiency, and biochemical traits of direct-seeded rice cultivation (*Oryza sativa* L.) in northern Iran. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 65(3): 140-151.

© 2022. All Rights Reserved

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی

http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir شاپا: (چاپی) ۲۴۲۳-۷۶۷۱ (آنلاین) ۴۶۸۹-۲۷۸۳،

Doi: 10.30495/iper.2022.688804

Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.67.10.7

دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

بررسی تأثیر تراکم بوته و اسید هیومیک بر عملکرد شلتوک، کارایی مصرف آب و صفات بیوشیمیایی برنج (*Oryza sativa* L.) در سیستم خشکه‌کاری در شمال ایران

منیژه کلته[۱]، حسین عجم‌نوروزی[۲]، ابوالفضل فرجی[۳]، عبدالعزیز حقیقی[۴]، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[۵]

۱. گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: manizhe.kalteh@yahoo.com

۲. گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: hosseinajamnorouzi99@yahoo.com

۳. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: abolfazlfaraji99@yahoo.com

۴. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: abdolazizhaghighi99@yahoo.com

۵. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، ایران. رایانامه: ebrahimgholamalipour@yahoo.com

سال هفدهم، شماره ۶۷، پاییز ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۵۱-۱۴۰

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

واژه‌های کلیدی:

پروتئین دانه

کارایی مصرف آب

کلروفیل a و b

عملکرد شلتوک

چکیده

گذر از کشت نشایی به سمت کشت مستقیم برنج در ایران و به ویژه استان گلستان مدت زمان کوتاهی است که آغاز گردیده است و اطلاعاتی در مورد اثر عوامل مختلف از جمله اسیدهیومیک و تراکم بوته بر عملکرد شلتوک و برخی صفات بیوشیمیایی آن در دسترس نیست. بدین منظور آزمایشی در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان گلستان واقع در شهرستان گنبد در طی ماه‌های اردیبهشت تا شهریور در سال ۱۳۹۸ به صورت اسپلیت پلات – فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تراکم بوته (فاصله بوته روی ردیف) به عنوان عامل اصلی با ٤ سطح (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) و مصرف اسیدهیومیک در ۲ سطح (مصرف اسیدهیومیک، عدم مصرف اسیدهیومیک) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کود اسیدهیومیک با غلظت ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار در سه مرحله شامل مرحله پنجه‌زنی (٤-٦ برگی)، به ساقه‌رفتن (۳۰-۲۰ روز پس از پنجه‌زنی) و مرحله قبل از خوشه‌دهی (۵۰ درصد مزرعه به خوشه رفته باشد) اضافه گردید. نتایج نشان داد اثر فاصله بوته روی ردیف و اسید هیومیک بر وزن هزار دانه، عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، پروتئین دانه، کارایی مصرف آب و کلروفیل a و b و کل معنی‌دار بود. همچنین با اعمال فاصله بوته روی ردیف ۵ و ۱۰ سانتی‌متر به همراه مصرف اسیدهیومیک، بیشترین عملکرد شلتوک و کارایی مصرف آب به دست آمد. از طرفی، محتوی کلروفیل با افزایش تراکم بوته، تغییر معنی‌داری نشان داد و مصرف اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b گردید که به نوبه خود بر افزایش عملکرد شلتوک مؤثر بود. پروتئین شلتوک نیز در فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر به همراه مصرف اسیدهیومیک بیشترین میزان را نشان داد.

استناد: کلته، م.، عجم‌نوروزی، ح.، فرجی، ا.، حقیقی، ع.، غلامعلی‌پور علمداری، ا. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر تراکم بوته و اسید هیومیک بر عملکرد شلتوک، کارایی مصرف آب و صفات بیوشیمیایی برنج (*Oryza sativa* L.) در سیستم خشکه‌کاری در شمال ایران. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ٦۵ (۳)، ۱۵۱-۱۴۰.

مقدمه

در ایران برنج بعد از گندم مهم‌ترین محصول زراعی کشور است. گذر از کشت نشایی به سمت کشت مستقیم برنج در ایران و به ویژه استان گلستان مدت زمان کوتاهی است که آغاز گردیده است. کاهش ذخایر آبی و کمبود آب برای آبیاری از یک طرف و از طرف دیگر افزایش هزینه‌های کارگری موجب شده است تا کشاورزان برای تولید برنج به روش خشکه‌کاری تشویق شوند. به رغم تاکید محققین متعدد بر مزیت‌های کشت مستقیم نسبت به کشت نشایی، هنوز این سیستم کشت برنج مقبولیت عمومی پیدا نکرده است (Farooq et al., 2011).

تحقیقات نشان داده است انتخاب تراکم زیر حد مطلوب می‌تواند موجب کاهش کارایی مصرف منابع و در نتیجه کاهش عملکرد اقتصادی گردد و از طرف دیگر نیز بالا بودن تراکم بیش از میزان بهینه نیز موجب افزایش شیوع آفات، بیماری‌ها و هزینه های تولید می گردد (Bastos et al., 2020)، همچنین دسترسی نسبی به منابع مانند آب، فضا و عناصر غذایی کاهش می‌یابد که منجر به کاهش بیوماس و عملکرد دانه تک‌بوته می‌گردد (Li-chao et al., 2018). از این‌رو Hou و همکاران (2019) با بررسی تراکم مطلوب در برنج نشایی گزارش نمودند که تراکم ۲۱۰ تا ۲۷۰ هزار کپه در هکتار عملکرد دانه برنج را تحت شرایط نرمال مصرف نیتروژن افزایش معنی‌داری داد که از دلایل اصلی آن افزایش سطح برگ در متر مربع و به دنبال آن افزایش ضریب جذب نوربود. همچنین افزایش تراکم بوته تا ۲۷۰ هزار کپه در هکتار به همراه ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دلیل افزایش ضریب جذب نور و کارایی مصرف نیتروژن، بیشترین عملکرد دانه برنج را به همراه داشت. همچنین عنوان شده است تراکم بالاتر موجب القای تعداد پنجه کمتر در گیاه و در نهایت موجب تعداد کمتر دانه در پانیکول می‌شود، اما وزن دانه بدون تغییر باقی می‌ماند، به‌طوری‌که از تراکم ۵ تا ۱۰۰ بوته در مترمربع، عملکرد دانه عمدتاً افزایش یافت و افزایش تراکم به بیش از ۱۰۰ بوته در مترمربع اثر معنی‌داری بر روی افزایش عملکرد دانه نداشت (Nakano et al., 2012). Clerget و همکاران (۲۰۱۶) نیز با بررسی اثر تراکم بوته بر روی عملکرد دانه دریافتند که میانگین عملکرد دانه برنج در فاصله روی ردیف ۶ تا ۱۰ سانتی‌متر از ۶/۸ –۶/۷ تن در هکتار متغیر بود و در فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر، عملکرد دانه به طور معنی‌داری (۵/۹ تن در هکتار) کاهش یافت.

گزارشات نشان داده است با افزایش تراکم گیاهی و قرار گرفتن برگ ها در سایه، سطح برگ بیشتر و از ضخامت برگ ها کاسته می شود. بنابراین گیاه برای جبران کمبود جذب نور، بر تراکم کلروفیل در کلروپلاست می افزاید. بدین منظور با بررسی اثر تراکم بوته ذرت بر میزان کلروفیل a و b نشان داده شد که با افزایش تراکم بوته، میزان کل کلروفیل a و b تغییرات معنی‌داری نداشت (Forghani et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی گیاه نخود صورت گرفت، افزایش تراکم بوته با کاهش میزان کلروفیل a و b همراه بود (Majnon Hoseini et al., 2003).

اسیدهیومیک یکی از ترکیبات مشتق شده از هوموس و سایر مواد طبیعی است که هیچ‌گونه اثر سوئی بر محیط زیست ندارد (Sofi et al., 2018). این اسید می‌تواند نقش مثبتی در جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیوم توسط گیاه داشته باشد، از این رو از آن به عنوان نوعی تحریک‌کننده زیستی[1] استفاده می‌شود که نقش مهمی در افزایش رشد گیاهان دارد (Sabzevari et al., 2009). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که مصرف خارجی اسیدهیومیک موجب

1. Biostimulation

افزایش وزن اندام‌های هوایی و ریشه‌ها (Rose et al., 2014)، بهبود مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌ها (Cimrin et al., 2010)، پایداری غشای سلولی، حفظ جذب رطوبت تحت شرایط تنش اسمزی، جذب پتاسیم، سنتز پروتئین‌ها و هورمون‌ها و طویل شدن سلول‌های ریشه می‌گردد (Calvo et al., 2014; Aslam et al., 2016). در این راستا Liu و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی مصرف اسیدهیومیک بر روی عملکرد ذرت در نواحی نیمه‌شور دریافتند که کاربرد کود اسید هیومیک به طور معنی‌داری جذب نیتروژن، پتاسیم و فسفر را در ریشه‌های ذرت افزایش داد و اثر مثبتی بر غلظت نیتروژن، فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل تبادل خاک داشت. همچنین ایشان گزارش کردند که اسید هیومیک نقش بسیار مهمی در حفظ تعادل مواد غذایی ریشه ذرت از طریق افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک داشته که می‌تواند باعث کاهش اثرات منفی خاک‌های نیمه‌شور گردد. همچنین با بهبود تغذیه گیاهی می‌توان ۲۵-۱۵ درصد کارایی مصرف آب را در محصولات کشاورزی افزایش داد (Hatfield et al., 2001)، زیرا استفاده از کودهای آلی موجب می‌گردد تا جذب آب توسط ریشه‌های گیاهان و عملکرد آنها افزایش یابد (Alenazi et al., 2016). از آنجایی که کشت مستقیم برنج در سطح زیاد در استان گلستان به تازگی آغاز شده است و اطلاعات کاملی در رابطه با اثر تراکم بوته و اسیدهیومیک در کشت مستقیم برنج بر عملکرد شلتوک، کارایی مصرف آب و برخی از صفات بیوشیمیایی آن در دسترس نیست، در این مطالعه به بررسی این موضوع پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

توصیف محل آزمایش: این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان گنبد در طی ماه‌های اردیبهشت تا شهریور در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. محل اجرای آزمایش با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۲ درجه شرقی واقع بود که ارتفاع آن از سطح دریا برابر ۴۵ متر می‌باشد. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل و بعد از اجرای آزمایش، در چند نقطه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد. سپس نمونه مرکب از مخلوط کردن نمونه‌ها تهیه شد. تجزیه خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی انجام و در جدول ۱ ارایه شده است. مهم‌ترین ویژگی‌های آب و هوایی مانند دما، میزان تبخیر، بارندگی و رطوبت نسبی طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ تهیه شد در جدول ۲ نشان داده است.

مشخصات طرح و تیمارهای آزمایش: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که هر تکرار شامل ۲۰ کرت آزمایشی بود. رقم مورد استفاده نیز طارم هاشمی انتخاب شد. تراکم بوته (فاصله بوته روی ردیف) به عنوان عامل اصلی با ٤ سطح (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) و مصرف اسیدهیومیک در ۲ سطح (مصرف اسیدهیومیک، عدم مصرف اسیدهیومیک) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کود اسیدهیومیک با غلظت ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار در سه مرحله ، مرحله اول: پنجه‌زنی (٤-٦ برگی)، مرحله دوم: ساقه‌رفتن (۳۰-۲۰ روز پس از پنجه‌زنی)، مرحله سوم: قبل از خوشه‌دهی: (۵۰ درصد مزرعه به خوشه رفته باشد) اضافه شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت.

خصوصیات خاک	واحد	مقدار
عمق خاک	سانتی‌متر	۰-۳۰
هدایت الکتریکی (EC)	dS/m	۰/۶۲
اسیدیته خاک (pH)	-	۷/۷۸
ماده آلی	%	۱/٤
فسفر	mg/kg	۹
پتاسیم	mg/kg	۱٦٥
منیزیم	mg/kg	٦۸۰
آهن	ppm	۲۹
منگنز	ppm	۷/٦
روی	ppm	۱/٤
مس	ppm	۳/٥
شن	%	۳٦
سیلت	%	۳٦
رس	%	۲۸
بافت خاک	-	لومی شنی

جدول ۲: شرایط آب و هوایی محل آزمایش در طول دوره رشد برنج خشکه‌کاری در سال اجرای آزمایش (۱۳۹۸)

ماه‌های سال	دمای کمینه (سانتی گراد)	دمای بیشینه (سانتی گراد)	تبخیر ماهانه (میلی لیتر)	میزان بارندگی (میلی لیتر)
اردیبهشت	۱٦/٤	۲۷/٥	۱٤۲/۳	٦/۲
خرداد	۲۰/۷	۳۰/۸	۱٦۳/۹	٦۰/۹
تیر	۲۳/٦	۳۲/۱	۱٦٦/٦	۱۷
مرداد	۲۳/۹	۳٤/٥	۲۲۰/۷	۱/۸
شهریور	۲۳/۸	۳۲/۹	۱٥۸/٤	۱۰/٤

قبل از کشت محصول، زمین مورد نظر توسط یک‌بار دیسک زدن آماده شد. کشت به صورت دستی در اواخر ماه اردیبهشت انجام شد، به‌طوری‌که ابتدا شیار ایجاد گردید و کشت بذر درون شیارها انجام گردید. پس از سبز شدن بذرو، تراکم بوته مورد نظر ایجاد شد. اولین آبیاری پس از کشت صورت گرفت و بسته به نیاز گیاه آبیاری در طی فصل رشد انجام پذیرفت. سایر مراقبت‌های زراعی از قبیل کودهای مورد استفاده بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی (به‌ترتیب ۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم کودهای اوره، سوپرفسفات و سولفات پتاسیم) انجام شد، همچنین مبارزه با آفات و بیماری‌های احتمالی مطابق روش‌های رایج منطقه انجام شد. در این آزمایش هر کرت فرعی شامل ۸ ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و طول ردیف ۵ متر بود. بین هر دو کرت فرعی دو ردیف نکاشت و بین هر دو کرت اصلی ۳ ردیف نکاشت در نظر گرفته شد.

در زمان برداشت (اواسط شهریور)، برای اندازه‌گیری عملکرد شلتوک، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی

از ۲ ردیف میانی برداشت شد و اندازه‌گیری صفت مورد نظر بر روی آن‌ها انجام گردید.

اندازه‌گیری پروتئین شلتوک: به منظور تعیین میزان پروتئین دانه از دستگاه میکروکجلدال استفاده شد. به طوری که ۰/۵ گرم ماده گیاهی به‌صورت خشک، پودر و الک شده در یک ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری میکروکجلدال خشک ریخته و مقداری کاتالیست و ۱۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ به آن افزوده شد. بعد از این‌که رنگ آبی تیره پدیدار و محتوای ارلن خنک شد عمل تقطیر با دستگاه مارخام انجام شد. آب مقطر را در ارلن به جوش آورده و شیر باز نگه داشته شد. موقعی که بخار از مسیر لوله بخار عبور کرد، ۱۰ میلی‌لیتر آلیکوت پس از هضم در داخل اتاقک تقطیر به‌وسیله قیف مسدودکننده شیشه‌ای رسوب داده شد. هر مرتبه، قیف دوبار با ۱ میلی‌لیتر آب شستشو گردید. مسدودکننده شیشه‌ای جایگزین شده و ۱۰ میلی‌لیتر سود ٤٠ درصد در قیف ریخته شد. انتهای پایینی تغلیظ‌کننده در ۲۰ میلی‌لیتر اسیدبوریک موجود در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری قرار گرفت. موقعی که بخار از راه لوله پخش شد، شیر بسته‌شده و مسدودکننده شیشه‌ای را به آهستگی قرار داده و منتظر مانده تا هیدروکسید سدیم هضم شود. مسدودکننده بلافاصله جایگزین‌شده و تقطیر تا جمع‌آوری ۱۰۰ میلی‌لیتری ماده تقطیری ادامه یافت. بعد از این‌که مقدار کمی مایع تقطیر شد، از انتهای متراکم‌تر روی سطح اسیدبوریک بالا آمد. وقتی‌که تقطیر کامل شد، گرم کردن متوقف و مایع در اتاقک تقطیر به‌طور خودکار به داخل لوله رابط کشیده شد. سپس دستگاه برای تقطیر بعدی آماده شده و آمونیاک جمع‌آوری شده در اسیدبوریک با اسید سولفوریک ۰/۲۸ نرمال تیتر شده تا رنگ سبز ناپدید شود و محلول به رنگ صورتی در آید. سپس با کمک رابطه زیر میزان نیتروژن شلتوک محاسبه شد:

$$N\ content\ (\%) = (T-B) \times 10 \times N\ (1.4/W)$$

T= تیتراسیون نمونه (میلی‌لیتر اسید استاندارد)؛ B= تیتراسیون نمونه (میلی‌لیتر اسید استاندارد)؛ N= نرمالیته اسید استاندارد؛ W= وزن نمونه (گرم). اختلاف (T-B) به‌علت هضم ۱۰ میلی‌لیتر باید در ۱۰ ضرب می‌شود. در مرحله بعد، درصد نیتروژن به دست آمده در عدد ٦/۲۵ ضرب شد و درصد پروتئین به‌دست آمد (Mulvaney and Bremner, 1982).

کارایی مصرف آب: برای ارزیابی میزان بهره‌وری آب، ابتدا میزان آب مصرفی توسط سنجش دبی آب در طی فصل رشد صورت پذیرفت. در مرحله بعد با استفاده از فرمول ذیل میزان بهره‌وری آب برای هر کرت آزمایشی به طور جداگانه محاسبه شد.

بهره‌وری مصرف آب= عملکرد جزء اقتصادی/ آب مصرفی

که در آن عملکرد شلتوک بر حسب کیلوگرم در هکتار و آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار می‌باشد (Kiani, 2015)

اندازه‌گیری کلروفیل a و b: برای سنجش میزان کلروفیل a و b در برگ های جوان هر تیمار از روش Arnon (۱۹۷۵) استفاده شد. در این روش یک گرم برگ خرد شده به همراه ۰/۵ گرم کربنات منیزیم و ۲۰ سی‌سی استون مرک در یک بوته چینی قرار گرفته در طرف یخ ریخته و توسط هاون ساییده شد. سپس عصاره برگ را داخل لوله‌های درب‌دار مخصوص سانتریفیوژ و به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور قرار داده شد تا عصاره یکنواختی از هر نمونه به دست آید. سپس مقدار ۱ سی‌سی از این عصاره هموژن و سوپر ناتانت را در داخل سل‌های دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده و در طول موج های ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل a و ٦٦٣ نانومتر برای کلروفیل b میزان جذب نور محاسبه شد و با قرار گرفتن آن ها در فرمول زیر میزان کلروفیل a و b تعیین شد.

$$Chl.a\ (mg/g\ FW) = (12.25\ A663.2) - (2.79\ A646.8)$$

$$Chl.b\ (mg/g\ FW) = (21.50\ A646.8) - (5.1\ A663.2)$$

Chl.T (mg/g FW) = Chl.a + Chl.b

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بعد از اتمام کارهای مزرعه‌ای و آزمایشگاهی، داده‌های حاصله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. داده‌ها ابتدا وارد نرم‌افزار Excel شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2007) آنالیز گردید. مقایسات میانگین بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج

عملکرد و اجزای عملکرد شلتوک: نتایج نشان داد که وزن هزار دانه تحت تأثیر تراکم بوته و مصرف اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن هزار دانه در فاصله بوته روی ردیف ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر به دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد. تیمارهای فاصله بوته روی ردیف ۵ و ۲۰ سانتی‌متر نیز کمترین وزن هزار دانه را داشت که در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ٤). مصرف اسیدهیومیک نیز موجب افزایش ۵ درصدی و معنی‌دار وزن هزار دانه برنج گردید (جدول ٤).

جدول ۳: تجزیه واریانس اثرات تراکم بوته و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه و برخی صفات بیوشیمیایی برنج

	درجه آزادی	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	پروتئین دانه	بهره‌وری آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
تکرار	۲	۱/۷۸^{ns}	۲۷۲۳۲^{ns}	٦٤٠٧٣^{ns}	۱/٦۹^{ns}	۰/۰٤۷^{ns}	۰/۰۰۰٤^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
فاصله بوته روی ردیف	۳	٦/۳۰*	۷۵۱۸۲۷۲**	۳۵۷۱۹۳۸۸**	۱۹/۸۳**	۵/۲۸۲**	۰/۱۱۵**	۰/۷۸۷*	۰/٦۳٤*	۰/۹۸۷*
مصرف‌اسیدهیومیک	۱	۱۲/۸٦**	۹٦۵٤۱۵۰**	٤٤٦۰۹۲۱۵**	۲۱/۷۷**	۱/۹۰**	۰/۱٤۷**	۰/۲۵٤*	۰/۱۸٦*	۰/۳۷۵*
فاصله بوته روی ردیف×مصرف اسیدهیومیک	٦	۰/۸۲ ^{ns}	۱۱۲۳۱۱*	۳۱۳٤۲۸^{ns}	٤/۹۰*	۱/۰۳۳**	۰/۰۰۲*	۰/۷۹۸*	۰/٦۷۰*	۰/۱۰۰۲*
خطا	–	۲/۲۳	۳٦۱۱۰	۲٤۰۷٤۷	۱/۳۷	۰/۹۲۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰٤	۰/۰۰۳٤	۰/۰۰۰۵٤
ضریب تغییرات	–	۸/۲۹	۷/۵۳	۸/۱۳	۲/۹٦	٤/٤۹	٤/۷۸	۵/٤۳	۷/٦	٦/۸۳

جدول ٤: مقایسات میانگین اثرات تراکم بوته و اسید هیومیک بر عملکرد دانه و برخی صفات بیوشیمیایی در برنج.

تیمار	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت	پروتئین دانه (درصد)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم)
فاصله بوته روی ردیف									
۵	۱۷/۰٤b	٤٦۱۱/۸۰a	۱۱۲٤۲/۸a	٤۰/۸۹a	۷/۰۹b	۰/۵٦۹a	۱/۸۳a	۱/۳۲a	۳/۱۵a
۱۰	۱۸/۳۰a	٤٤۷٦/۰۵a	۱۱۲۳۰/۷a	۳۹/۸٤b	۷/۵۲a	۰/۵۵۲a	۱/۷۵a	۱/۲٤a	۲/۹۹a
۱۵	۱۸/۷٤a	۳۹٦۸/۱۷b	۱۰۰٦۲/٦b	۳۹/٤٤b	٦/۳۵c	۰/٤۸۹b	۱/٦۸a	۱/۱۸a	۲/۸٦a
۲۰	۱۷/۹۱ab	۲۸٦۵/۰۵c	۷۵۷۷/۲c	۳۷/۷۹c	٦/۰۸c	۰/۳۵٤c	۱/۳۵b	۰/۸۷b	۲/۲۲b
اسید هیومیک									
مصرف	۱۸/۵۲a	٤٤۲۹/۷٤a	۱۰۹۹۲/٤a	٤۰/۱۷a	۷/۲۱a	۰/۵٤۷a	۲/۱۵a	۱/۵٤a	۳/٦۹a
عدم مصرف	۱۷/٤۸b	۳۵۳۲/۷۹b	۹۰٦٤/۳b	۳۸/۸۲b	٦/٦۸b	۰/٤۳٦b	۱/٦۳b	۱/۱۹b	۲/۸۲

بر اساس نتایج اثر تراکم بوته، مصرف اسیدهیومیک و اثر متقابل تراکم بوته × مصرف اسیدهیومیک بر عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۳). همچنین بیشترین میزان عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در فاصله بوته روی ردیف ۵ و ۱۰ سانتی‌متر به دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ٤). نتایج نشان داد که با افزایش فاصله بوته روی ردیف از ۱۰ به ۲۰ سانتی‌متر، عملکرد شلتوک کاهش معنی‌داری یافت به طوری که عملکرد شلتوک در تیمار فاصله بوته روی ردیف ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر، به‌ترتیب ۱۱/۳٤ و ۳٦ درصد نسبت به تیمار فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کاهش نشان داد (جدول ٤). این روند برای عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز قابل مشاهده بود به‌طوری‌که با افزایش فاصله بوته روی ردیف از ۱۰ به ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر عملکرد بیولوژیک نیز به ترتیب ۵/٤۳ و ۳۲ درصد کاهش داشت. از این رو شاخص برداشت نیز به ترتیب ۱/٤۵ و ۷/۲۱ درصد کاهش یافت (جدول ٤). اثرات متقابل بیانگر اینست که بیشترین عملکرد شلتوک در ترکیب تیمارهای مصرف اسیدهیومیک×فاصله بوته روی ردیف ۵ و ۱۰سانتی‌متر به دست آمد. همچنین بیشترین شاخص برداشت نیز در ترکیب تیمارهای مصرف اسیدهیومیک×فاصله بوته روی ردیف ۵ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسات میانگین اثرات متقابل تراکم بوته و اسید هیومیک بر عملکرد دانه و برخی صفات بیوشیمیایی در برنج.

اسیدهیومیک	فاصله بوته روی ردیف	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت	پروتئین شلتوک (درصد)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل کل(میلی‌گرم بر گرم)
مصرف	۵	۵۱۷٤/۳a	٤۲/٤۸a	۷/۱۵bc	۰/٦۳۹a	۲/۲۳a	۱/۷٤a	٤/۰۷a
	۱۰	٤۹۵۵/۹a	٤۰/۰۱b	۷/۳۸ab	۰/٦۱۲a	۲/۰۱a	۱/٦۲a	۳/٦۳a
	۱۵	٤۳۰۲/۱b	۳۹/۷٦bc	٦/۵۳d	۰/۵۳۱b	۱/۹۹a	۱/۵۳a	۳/۵۲a
	۲۰	۳۲۸۸e	۳۸/٤۱cd	٦/۷۸cd	۰/٤۰۵e	۱/٦۵b	۱/۱۷b	۲/۸۲b
عدم مصرف	۵	٤۰٤۹/۳c	۳۹/۳۰bc	۷/۰٤bc	۰/۵۰۰c	۱/٦۳b	۱/۱۵b	۲/۷۸b
	۱۰	۳۹۹٦/۱c	۳۹/٦۸bc	۷/۰۷bc	۰/٤۹۳c	۱/۵٤b	۱/۱۰b	۲/٦٤b
	۱۵	۳٦۳٤/۳d	۳۹/۱۲bc	۵/٦۳e	۰/٤٤۸d	۱/٤۸c	۰/۹۹c	۲/٤۷c
	۲۰	۲٤۵۱/٤f	۳۷/۱۹d	۵/۹۱e	۰/۳۰۳f	۱/۳٦c	۰/۸۹c	۲/۲۵c

پروتئین شلتوک: نتایج نشان داد که درصد پروتئین شلتوک تحت تأثیر تراکم بوته، مصرف اسیدهیومیک و اثر متقابل تراکم بوته × مصرف اسیدهیومیک قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین درصد پروتئین شلتوک در فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر به دست آمد که در ادامه فاصله بوته روی ردیف ۵، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر قرار گرفت که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ٤). مصرف اسیدهیومیک نیز موجب افزایش معنی‌دار ۷/۳۵ درصدی در پروتئین شلتوک گردید (جدول ٤). نتایج اثرات متقابل نشان داد که بیشترین درصد پروتئین شلتوک در ترکیب تیماری عدم مصرف اسیدهیومیک×فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و مصرف اسیدهیومیک×فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۵).

کارایی مصرف آب: نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب تحت تأثیر تراکم بوته، مصرف اسیدهیومیک و اثر متقابل تراکم بوته × مصرف اسیدهیومیک قرار گرفت (جدول ۳). همچنین فاصله

روی ردیف ۵ و ۱۰ سانتی‌متر و مصرف اسیدهیومیک نیز موجب افزایش کارایی مصرف آب گردید که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان دادند، به طوری‌که با افزایش میزان فاصله بوته روی ردیف از ۱۰ به ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر از میزان بهره‌وری مصرف آب به ترتیب ۱۱/٤۱ و ۳۵/۸٦ درصد کاسته شد. همچنین مصرف اسیدهیومیک موجب افزایش بهره‌وری مصرف آب به میزان ۲۰/۲۹ درصد گردید (جدول ٤). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که مصرف اسیدهیومیک به همراه فاصله بوته روی ردیف ۵ سانتی‌متر، بیشترین بهره‌وری مصرف آب را داشت که با سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری را نشان داد. همچنین کمترین بهره‌وری مصرف آب نیز با عدم مصرف اسیدهیومیک به همراه فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۵).

کلروفیل a، b و کل: بر اساس نتایج، فاصله بوته روی ردیف، مصرف اسید هیومیک و اثر متقابل فاصله بوته روی ردیف× مصرف اسید هیومیک بر محتوی کلروفیل a، b و کل معنی دار شد (جدول ٤). نتایج اثرات متقابل فاصله بوته روی ردیف× مصرف اسید هیومیک نشان داد که بیشترین محتوی کلروفیل a، b و کل با مصرف اسیدهیومیک و فاصله بوته روی ردیف ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی متر به دست آمد (جدول ۵).

بحث

تراکم مناسب و توزیع متعادل بوته‌ها در واحد سطح، موجب استفاده بهتر از رطوبت، مواد غذایی و نور و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردد (Koocheki and Sarmadnia, 2012)، به‌طوری‌که در مطالعه حاضر افزایش تراکم بوته موجب کاهش معنی‌دار عملکرد شلتوک گردید. Koocheki و Sarmadnia (2012) نیز دریافتند که با افزایش تراکم بوته، عملکرد بیولوژیک تک‌بوته نیز کاهش یافت، اما عملکرد بیولوژیک در واحد سطح افزایش پیدا کرد، که به نظر می‌رسد افزایش عملکرد بیولوژیک در تراکم بالا به تعداد بیشتر پنجه در واحد سطح مربوط باشد. Xian-qing و همکاران (2009) بیان کردند که افزایش تراکم بوته برنج هیبرید با کاهش عملکرد دانه همراه بود. Clerget و همکاران (2016) نیز دریافتند که عملکرد دانه در فاصله ردیف ٦ و ۱۰ سانتی‌متر نسبت به فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر کاهش معنی‌داری را نشان داد که دلیل آن را کمتر بودن تعداد دانه در سنبله در متر مربع در فاصله ردیف بیشتر دانستند. در مطالعه‌ای بیان شد که افزایش تراکم بوته‌های برنج موجب کاهش تعداد پنجه و وزن هزار دانه گردید اما عملکرد بیولوژیک و تعداد پانیکول را افزایش داد، به طوری که برآیند آنها منجر به کاهش عملکرد شلتوک شد (Khan and Khan, 2004).

نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته برنج، کارایی مصرف آب نیز افزایش یافت. از آنجایی که کارایی مصرف آب بر اساس میزان عملکرد تولید شده نسبت به آب مصرف شده محاسبه گردید، می‌توان گفت بالاتر بودن عملکرد شلتوک در تراکم‌های بالاتر و عدم تفاوت در میزان مصرف آب برای تراکم‌های مختلف موجب افزایش کارایی مصرف آب در تراکم‌های بالاترگشت.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مصرف اسیدهیومیک نسبت به عدم مصرف آن موجب افزایش عملکرد شلتوک در برنج گردید. یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان با استفاده از اسیدهیومیک، افزایش مقدار کلروفیل و به دنبال آن افزایش فتوسنتز و ماده خشک تولید شده در برنج بود که در مطالعه حاضر مشاهده گردید (جدول ٤). همچنین اسیدهیومیک حاوی سیتوکینین‌هاست و مصرف آن منجر به افزایش سطوح سیتوکینین و اکسین خارجی می‌گردد که در نهایت باعث افزایش عملکرد می‌شود (Osman et al.,

2013). این مسئله نیز می‌تواند افزایش عملکرد شلتوک با مصرف اسیدهیومیک نسبت به عدم مصرف آن را در مطالعه حاضر توضیح دهد. در همین راستا گزارش شده است که مصرف اسیدهیومیک در کشت برنج عملکرد شلتوک را ۱۶/۱۲ درصد نسبت به عدم مصرف آن افزایش داد (Mehdiniya Afra et al., 2010). اسید هیومیک با فعال کردن فرآیندهای فیزیولوژیکی، تولید کلروفیل را در برگ ها افزایش داده که به دنبال آن فتوسنتز نیز بهبود یافته و رشد گیاهان افزایش می‌یابد. در همین رابطه Sofi و همکاران (2016) گزارش کردند که مصرف اسیدهیومیک موجب افزایش رنگیزه های فتوسنتزی و عملکرد شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum*) گردید. ایشان افزایش محتوای کلروفیل گیاه را به دلیل خاصیت سیتوکینین‌مانند اسید هیومیک دانسته که باعث کاهش آسیب به کلروپلاست‌ها می‌شود (Nardi et al., 2002) و همچنین موجب افزایش رشد ریشه و مقدار رنگدانه‌های کلروفیل و فتوسنتز برگ‌ها می‌گردد (Omami and Hammes, 2006). از طرفی با افزودن اسیدهیومیک میزان عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ذرت نیز افزایش چشمگیری نشان داد که بیشتر بودن این پارامترها را به افزایش اندازه منبع ومقصد مرتبط دانستند (Tsimba et al. 2013). اسیدهیومیک بر تعداد انشعابات ریشه و طول ریشه مؤثر است که به نوبه خود موجب افزایش رشد اندام‌های هوایی و عملکرد بیولوژیک بیشتر می‌گردد (Fahramand et al., 2014). در مطالعه‌ای با مصرف اسیدهیومیک میزان عملکرد گندم ۲۴ درصد نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت. البته مصرف اسیدهیومیک بدون مصرف هیچ‌گونه کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژنی، عملکرد مطلوبی را در پی نخواهد داشت (Delfine et al., 2005). تحقیقات انجام‌شده با مصرف اسیدهیومیک در گیاه ذرت نشان داد که احتمالاً بیشتر بودن عملکرد پروتئین با محلول‌پاشی با اسیدهیومیک، به دلیل افزایش دسترسی به عناصر معدنی بوده است. همچنین با جایگزینی منابع آلی تغذیه‌ای به جای منابع شیمیایی می‌توان محتوای پروتئین دانه و عملکرد پروتئین گندم را افزایش داد (Sarwar et al., 2009). در مطالعه‌ای دیگر با بررسی تأثیر اسید هیومیک بر میزان عملکرد پروتئین نخود نشان داده شد که این ماده بر عملکرد دانه و پروتئین اثر معنی‌داری داشت (Nakhzari Moghadam et al., 2013).

در مطالعه حاضر کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش کارایی مصرف آب در برنج گردید. بر این اساس می‌توان گفت که افزایش عملکرد شلتوک از یک سو و از سوی دیگر کمک به افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه‌ها از سوی دیگر کارایی مصرف آب را در برنج افزایش داد. در همین رابطه Mehdiniya Afra و همکاران (2010) دریافتند که مصرف اسیدهیومیک با افزایش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی می‌تواند بر بهره‌وری بیشتر آب آبیاری مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

افزایش تراکم بوته و مصرف اسیدهیومیک با افزایش عملکرد شلتوک موجب افزایش کارایی مصرف آب گردید، به طوری که در فاصله بوته روی ردیف ۵ و ۱۰ سانتی‌متر به همراه مصرف اسیدهیومیک بیشترین عملکرد شلتوک و کارایی مصرف آب به دست آمد. همچنین محتوی کلروفیل با افزایش تراکم بوته، تغییر معنی‌داری نشان داد و مصرف اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b گردید که به نوبه خود بر افزایش عملکرد شلتوک مؤثر بود. پروتئین شلتوک نیز در فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر به همراه مصرف

اسیدهیومیک بیشترین میزان را نشان داد که می‌توان گفت افزایش دسترسی به عناصر غذایی از جمله نیتروژن بر این امر مؤثر واقع شد.

References

Aslam, M., Sultana, B., Anwar, F. and Munir, H. (2016). Foliar spray of selected plant growth regulators affected the biochemical and antioxidant attributes of spinach in a field experiment, Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 0(2): 136-145.

Bastos, L.M., Carciochi, W., Lollato, R.P., Jaenisch, B.R., Rezende, C., Schwalbert, R., Vara Prasad, P.V., Zhang, G., Fritz, K.,Foster, C., Wright, Y., Young, S., and Bradley P. (2020). Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A review and field studies, Frontier in Plant Science. 11: 1-17.

Calvo, P., Louise, N. and Kloepper, J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants, Plant and Soil. 383(1-2): 3-41.

Cimrin, K.M., Turkmen, O., Turan, M. and Tuncer, B. (2010). Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling, African Journal of Biotechnology. 9(36): 5845-5851.

Clerget, B., Buen, C., Domingo, A.J., Layaoen A.L. and Vial, L. (2016). Leaf emergence, tillering, plant growth, and yield in response to plant density in a high-yielding aerobic rice crop, Field Crops Research. 199: 52-64.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development. 25: (183-191).

Fahramand, M., Moradi, H., Noori, M., Sobhkhizi, A., Adibian, M., Abdollahi, S., and Rigi, K. (2014). Influence of humic acid on increase yield of plants and soil properties. International Journal of Farming and Allied Sciences. 3(3): 339-341.

Farooq, M., Siddique, K.H.M., Rehman, H., Aziz, T., Lee D.J. and Wahid, A. (2011). Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. Soil and Tillage Research. 111: 87-98.

Forghani, A., Khodabande, N., Habibi, D. and Bankesaz, A. (2010). Reaction of chlorophyll a and b, proline and maize yield of maize to salinity stress and different levels of plant density. Agricultural Research Journal. 2(1): 29-37.

Hatfield, J.L., Thomas, J.S. and John, H.P. (2001). Managing soil to achieve greater water use efficiency: A review, Agronomy Journal. 93: 271–280.

Hou, W., Khan, M.R., Zhanga, J., Lua, J., Rena, T., Conga, R. and Lia, X. (2019). Nitrogen rate and plant density interaction enhances radiation interception, yield and nitrogen use efficiency of mechanically transplanted rice, Agriculture, Ecosystems and Environment. 269: 183-192.

Kiani, A. (2015). Instructions for water productivity on farms. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Deputy of Extension. Education publication and Agriculture. 22 Pp.

Kleunen, M.V., Fischer, M. and Schmid, B. (2001). Effects of intraspecific competition on size variation and reproductive allocation in a clonal plant, Oikos. 94: 515-524.

Koocheki, A., and Sarmadnia. G. (2012). Physiology of crop plant. Mashhad University Press. pp. 400. (In Persian).

Liu, M., Wang, C., Wang, F. and Xie, Y. (2019). Maize (*Zea mays*) growth and nutrient uptake following integrated improvement of vermicompost and humic acid fertilizer on coastal saline soil, Applied Soil Ecology. 142:147-154.

Majnon Hoseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K. and Zeinali Khangah, H. (2003). Effect of plant density on yield, chlorophyll content and percentage of relocation in stem characteristics in chickpea cultivars. Iranian Journal of

Agricultural Science, 34: 1019-1011. (In Persian with English abstract).

Mehdiniya Afra, J., Niknejad, Y., Falah Amoli, H., and Barari Tari, D. (2019). Evaluation of Chemical and Organic Nutrition Systems on Yield and Water Use Efficiency in Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars under low Irrigation stress Conditions. Quarterly Journal of Plant Production. 2(2): 162-173. (In Persian with English abstract)

Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. (1982) Nitrogen-Total. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. 595-624.

Nakano, H., Morita, S., Kitagawa, H., Wada, H. and Takahashi, M. (2012). Grain yield response to planting density in forage rice with a large number of spikelet, Crop Science. 52: 345-350.

Nakhzari Moghadam, A., Parsa, N., Sabori, H. and Bakhtiyari, S. (2013). Effect of humic acid, density and supplemental irrigation on chickpea quality and quantitative traits *Cicer arietinum* L, Journal of Environmental Stress in Crop Science. 10:183-192. (In Persian with English abstract).

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry. 34(11): 1527-36.

Omami, E.N. and Hammes, P.S. (2006). Interactive effects of salinity and water stress on growth, leaf water relations, and gas exchange in amaranth (*Amaranthus spp.*). New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science. 34(1): 33-44.

Osman E. A. M., EL- Masry, A. A. and Khatab, K. A. (2013). Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray of humic and/or fulvic acids on yield and quality of rice plants. Advances in Applied Science Research. 4(4): 174-183.

Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R. and Brown, A.L. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture, Advance in Agronomy. 124: 37-89.

Sabzevari, S., Khazaie, H.R., and Kafi, M. (2009). Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Journal Water Soil. 23(2): 87-94. (In Persian with English abstract).

Sarwar, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Muhammad, S., Tahir, M.A. and Saleem, U. (2009). Variations in nutrient concentrations of wheat and paddy as affected by different levels of compost and chemical fertilizer in normal soil, International Journal on Plant-Soil. 5: 2403-2410.

Sofi A., Ebrahimi M., and Shirmohammadi, E. (2018). Effect of Humic Acid on Germination, Growth, and Photosynthetic Pigments of *Medicago sativa* L. under Salt Stress. Ecopersia. 6(1): 21-30.

Sofi, A., Ebrahimi, M. and Shirmohammadi, E. (2016). The effect of humic acid fertilizer on quantitative characteristics of flover. Proceedings of 2nd International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges with Focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism. Tabriz: Permanent Secretariat of the International Conference on Sustainable Development, Solutions and Challenges; pp. 1-7. (In Persian with English abstract).

Zimdahl, R.L. (2004). Weed-Crop Competition: A Review, 2nd ed. Blackwell Publishing, 2121 State Avenue, Ames, IA50014.

Tsimba, R., Edmeades, G.O., Millner, J.P. and Kemp, P.D. (2013). The effect of planting date on maize grain yields and yield components, Field Crops Research. 150: 135-144.

Weiner, J. (2004). Allocation, plasticity and allometry in plants. Prospect, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 6: 207-215.