

## Effect of Humic Acid on Crop Production and Land Use Efficiency in Wheat and Lentil Intercropping under Rainfed Conditions

Ali Abdollahi<sup>1</sup>, Javad Hamzei<sup>2\*</sup>, Akbar Aliverdi<sup>3</sup>, Ahmad Nemati<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Former MSc Student of Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, E-mail: aliabdollahi33743@gmail.com

<sup>2</sup> Corresponding Author, Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E- mail: j.hamzei@basu.ac.ir

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E- mail: a.aliverdi@basu.ac.ir

<sup>4</sup> Former Ph.D Student of Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, E-mail: Ahmadnemati77@gmail.com

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 2024-03-04  
Accepted: 2024-09-07

**Keywords:**  
Cereal  
harvest index  
land equivalent ratio  
organic fertilizer  
pulses

### ABSTRACT

**Background and objectives:** Due to the extensive climate changes and environmental pollution, along with the heavy use of toxins and chemical fertilizers in industrial farming, addressing topics concerning sustainable agriculture is deemed essential in today's world. A key strategy for sustainable plant cultivation involves enhancing diversity by practicing intercropping. This technique aids in erosion control, soil and water protection, nitrogen biological fixation, boosting both the quantity and quality of yields, and managing weed growth.

**Materials and methods:** To investigate the impact of humic acid on the yield of wheat and lentil in both sole and intercropping systems under dryland conditions, an experiment was conducted during the 2018-2019 growing season in Qahavand city, Hamedan, Iran. The experiment followed a factorial design based on randomized complete blocks design with three replications. The factors included different cropping patterns at four levels: wheat sole crop, lentil sole crop, strip intercropping with 6 rows of wheat and 3 rows of lentil (6W:3L), and strip intercropping with 12 rows of wheat and 6 rows of lentil (12W:6L). Additionally, humic acid was applied at three levels (0, 6, and 12 kg.ha<sup>-1</sup>). Yields, yield components, and land equivalent ratio were measured and evaluated.

**Results:** The results indicated significant effects of intercropping on various parameters in both wheat and lentil crops. In wheat, intercropping influenced traits such as seeds per spike, spikes per square meter, 1000-seed weight, grain yield, biological yield, harvest index, and protein percentage. For lentil, intercropping impacted the number of pods per plant, 1000-seed weight, grain yield, biological yield, protein yield, and harvest index. Additionally, the application of humic acid significantly affected most traits, except for the lentil harvest index. The interaction between the intercropping and humic acid influenced wheat grain yield, 1000-seed weight of lentil, lentil grain and biological yield, and the total yield of lentil and wheat. The

---

---

land equivalent ratio (LER) was greater than 1, indicating the benefits of wheat and lentil intercropping over sole cropping.

**Conclusion:** The application of 12 kg.ha<sup>-1</sup> of humic acid resulted in increased yields and yield components for both wheat and lentil, along with a higher LER index. The 6W:3L cropping pattern, combined with this application, is optimal for achieving maximum yield and benefits in the intercropping of wheat and lentil.

---

---

**Cite this article:** Abdollahi, A., Hamzei, J., Aliverdi, A., Nemati, A. 2024. The effect of humic acid on yield performance and land use efficiency in wheat and lentil intercropping under dryland conditions. *Crop Production Journal*, 17 (3), 43-64.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejcp.2024.22269.2621

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

---



## تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹۸  
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



### اثر اسید هیومیک بر تولید محصول و کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط گندم و عدس در شرایط دیم

علی عبدالهی<sup>۱</sup>، جواد حمزه‌ئی<sup>۲\*</sup>، اکبر علی وردی<sup>۳</sup>، احمد نعمتی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: aliabdolahi33743@gmail.com

<sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: j.hamzei@basu.ac.ir

<sup>۳</sup> دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: a.aliverdi@basu.ac.ir

<sup>۴</sup> دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: ahmadnemati77@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی - پژوهشی</p>	<p><b>سابقه و هدف:</b> با توجه به تغییرات گسترده اقلیمی و آلودگی‌های محیطی و نیز مصرف بالای سموم و کودهای شیمیایی در کشاورزی صنعتی، طرح و اجرای مباحث مربوط به کشاورزی پایدار از ضروریات جهان امروزی به شمار می‌رود. یکی از مهمترین راهکارهای کشت پایدار گیاهان، افزایش تنوع به واسطه استفاده از کشت مخلوط است. کشت مخلوط گیاهان زراعی موجب کنترل فرسایش و حفاظت خاک و آب، تثبیت بیولوژیک نیتروژن، افزایش کمیت و کیفیت محصول تولیدی و کنترل علف‌های هرز می‌گردد.</p>
<p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۲/۱۲/۱۶ <b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۳/۶/۱۷</p>	<p><b>مواد و روش‌ها:</b> به منظور بررسی اثر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و عدس در کشت‌های خالص و مخلوط در شرایط دیم، آزمایشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان قهاند، استان همدان، انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل الگوهای مختلف کشت در چهار سطح (کشت خالص گندم، کشت خالص عدس و کشت‌های مخلوط نواری شش ردیف گندم با سه ردیف عدس (6W:3L) و دوازده ردیف گندم با شش ردیف عدس (12W:6L) و مصرف اسید هیومیک در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار) بود.</p>
<p><b>واژه‌های کلیدی:</b> حبوبات شاخص برداشت غللات کود آلی نسبت برابری زمین</p>	<p><b>یافته‌ها:</b> نتایج آزمایش حاضر نشان داد که در گیاه گندم، اثر کشت مخلوط بر تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد و عملکرد پروتئین معنی‌دار بود. همچنین، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه در بوته، عملکرد پروتئین و شاخص برداشت عدس به طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفت. اثر اسید هیومیک نیز بر تمام صفات مورد بررسی به جز شاخص برداشت عدس معنی‌دار بود. اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک نیز بر عملکرد دانه گندم، وزن هزار دانه عدس، عملکرد دانه و بیولوژیک عدس</p>

---

و مجموع عملکرد عدس و گندم معنی‌دار شد. نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود و این امر سودمندی کشت مخلوط گندم و عدس نسبت به تک کشتی آنها را نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** بطور کلی پژوهش حاضر مشخص ساخت که کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم و عدس گردید. به‌طوریکه، کشت مخلوط شش ردیف گندم با سه ردیف عدس (6W:3L) و کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار جهت حصول حداکثر عملکرد و سودمندی کشت مخلوط گندم و عدس دیم مناسب به نظر می‌رسد.

---

**استناد:** عبدالهی، علی؛ حمزه‌ئی، جواد؛ علی‌وردی، اکبر؛ نعمتی، احمد. (۱۴۰۳). اثر اسید هیومیک بر تولید محصول و کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط گندم و عدس در شرایط دیم. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۳)، ۶۴-۴۳.



© نویسندگان.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.22269.2621

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

---

## مقدمه

امروزه با توجه به نیازمندی‌های رو به رشد جمعیت در حال گسترش، افزایش تولید در واحد سطح و پایداری تولید گیاهان زراعی یکی از دغدغه‌های اساسی در جوامع بشری می‌باشد. حدود ۶۳ درصد سطح زیر کشت گندم در ایران به صورت دیم است که در طول فصل رشد در معرض تنش خشکی قرار دارد، زیرا حدود ۹۰ درصد این زمین‌ها در مناطقی با بارندگی کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر قرار دارند (۱). طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ سطح زیر کشت گندم دیم و میزان تولید این محصول به ترتیب حدود ۴/۵۳ میلیون هکتار و ۴/۷۷ میلیون تن بود (۲). حبوبات یکی از مهم‌ترین منابع پروتئینی در رژیم غذایی بسیاری از مردم کشورهای در حال توسعه می‌باشند. میزان پروتئین حبوبات در حدود دو برابر غلات است و منابعی ارزان و با کیفیت مناسب به شمار می‌روند. در ایران، عدس به‌عنوان دومین گیاه لگوم پس از نخود از نظر سطح زیرکشت و تولید در شرایط دیم دارای اهمیت زیادی است. سطح زیرکشت این گیاه حدود ۷۰ هزار هکتار برآورد شده است که معادل ۰/۹۵ درصد از کل سطح زیر کشت محصولات زراعی و حدود ۱۴/۵۰ درصد از کل سطح برداشت حبوبات است و در این میان سهم اراضی دیم عدس ۹۵ درصد است. متوسط عملکرد عدس در شرایط دیم در کشور ۴۸۰ کیلوگرم در هکتار است (۲). دانه عدس سرشار از پروتئین بوده و حاوی تمام اسیدهای آمینه ضروری برای انسان است (۳). همچنین این گیاه به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن، موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود و می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف کودهای شیمیایی ایفا نماید (۴).

یکی از مؤلفه‌های مؤثر در افزایش تولید پایدار، سیستم‌های کشت مخلوط گیاهان زراعی است (۵).

کشت مخلوط، کشت دو یا چند محصول به صورت همزمان و در یک قطعه زمین است. کشت مخلوط از سالیان دور در بسیاری از کشورها متداول بوده که با انجام آن ضمن کاهش مشکلات سیستم‌های کشاورزی رایج و افزایش حاصلخیزی خاک، از منابع طبیعی نیز حداکثر بهره‌برداری انجام می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت کشت‌های مخلوط توانایی گونه‌های موجود در سیستم، در ایجاد آشیان اکولوژیک تخصصی خود می‌باشد. یکی از انواع کشت مخلوط، کشت مخلوط تأخیری است. منظور از کشت مخلوط تأخیری، کشت دو یا چند گیاه زراعی در یک مزرعه است که در قسمتی از دوره رشد و نمو، گیاهان با یکدیگر تداخل خواهند داشت (۶). سیستم کشت مخلوط زمانی سودمند است که منابع محیطی مورد نیاز دو گونه به طور مناسبی از یکدیگر جدا باشند، به‌طوری‌که این گونه‌ها در کنار یکدیگر بتوانند از عوامل محیطی استفاده بهینه نمایند. کشت مخلوط در سیستم‌های کم‌نهاد و به‌ویژه در کشاورزی پایدار، کارآمدتر است (۷). در بیشتر مواقع یکی از گیاهان وارد شده در کشت مخلوط گیاهی از خانواده بقولات است. دلیل عمده این امر را می‌توان در تثبیت نیتروژن توسط اعضای این خانواده و افزایش حاصلخیزی خاک دانست. همچنین، این امر باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصول تولیدی در کشت مخلوط خواهد شد (۸ و ۹). ولیزادگان (۲۰۱۴)، در بررسی تنوع گونه‌ای و انبوهی فون حشرات و عملکرد زراعی در کشت مخلوط جایگزینی گشنیز و باقلا اظهار داشت کشت مخلوط با اعضای خانواده لگوم سبب بهبود عملکرد و کیفیت گشنیز می‌شود (۱۰). رضائی چیاپه و همکاران (۲۰۱۴)، نیز اعلام کردند کشت مخلوط آفتابگردان و باقلا که یکی از اعضای خانواده لگوم است، سبب افزایش عملکرد کل و کارایی استفاده از زمین می‌شود (۱۱). جهانگیری و همکاران (۲۰۱۴)، نیز گزارش

مطرح باشد (۱۸). اسید هیومیک به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. اثرات غیرمستقیم شامل بهبود خواص خاک مانند تراکم، تهویه، نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری آب، انتقال عناصر کم مصرف و قابل استفاده کردن این مواد می‌باشد (۱۷). اثرات مستقیم مواد هیومیک نیز شامل انتقال و جذب مواد به داخل بافت‌های گیاه و تأثیر بر روی خصوصیات بیوشیمیایی گیاه است (۱۹).

هیومیک اسید با قرار دادن آب و مواد غذایی بیش‌تر و مناسب‌تر در اختیار گیاه میزان ساخت رنگیزه‌ها را افزایش داده و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر می‌نماید (۲۰). هیومیک اسید سبب تداوم بافت‌های فتوسنتز کننده می‌شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد. همچنین هیومیک اسید از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیک از جمله اثر بر سوخت و ساز سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌شود (۲۱) و (۲۲). هیومیک اسید از طریق کلات کردن عناصر ضروری، باعث افزایش جذب عناصر می‌شود و باروری و تولید را در گیاهان افزایش می‌دهد که این امر می‌تواند در افزایش سرعت رشد محصول مؤثر باشد. در مطالعه‌ای روی ذرت بین فاصله زمانی ۹۰-۷۵ روز پس از کاشت، کاربرد هیومیک اسید سرعت رشد گیاه را به میزان ۴/۲۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (۲۳). در پژوهشی توسط جهان و همکاران (۲۰۱۴)، کاربرد هیومیک اسید موجب افزایش ۲ درصدی سرعت رشد محصول نسبت به شاهد در گیاه لوبیا شد (۲۴). در مطالعه‌ای دیگر بر روی سیب‌زمینی کاربرد هیومیک اسید موجب افزایش ۱۳ درصدی سطح برگ نسبت به عدم مصرف آن شد (۲۵). با توجه به مجموع نکاتی که ذکر شد، هدف از اجرای این پژوهش تعیین اثر اسید هیومیک بر تولید

کردند عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط یولاف-ماشک گل خوشه‌ای نسبت به تک کشتی یولاف افزایش پیدا می‌کند (۱۲). در مطالعه‌ای که ولیزادگان (۲۰۱۴)، روی کشت مخلوط همیشه بهار و نخود داشت اعلام کرد کشت مخلوط باعث بهبود عملکرد روغن همیشه بهار می‌شود (۱۰). کشت مخلوط لگوم‌ها با غیر لگوم‌ها اغلب موجب بهبود کیفیت محصول نسبت به کشت خالص غیر لگوم‌ها می‌شود (۱۳ و ۱۴). اسکالیس و همکاران (۲۰۱۵) و گرونل و همکاران (۲۰۱۵) کشت مخلوط جو و یولاف را با گیاهان لگوم، راهی مناسب برای بهبود فراهمی نیتروژن و نیز سبب افزایش عملکرد این گیاهان و نیز عملکرد کل دانستند (۱۵ و ۱۴). کشت مخلوط سورگوم با برخی دیگر از اعضای خانواده لگوم مانند لوبیا چشم بلبلی برای بهبود عملکرد کل دانه در کانوپی توصیه شده است (۱۶).

کودهای آلی از قدیم در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند اما در چند دهه‌ی اخیر استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی سبب کم توجهی به آن‌ها شده است. بشر در سیستم تک کشتی و کشت‌های پی در پی متوجه شد که می‌تواند با مصرف کودهای شیمیایی تولید را بالا ببرد، در حالی که این کار باعث کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، کاهش حاصلخیزی و صدمه دیدن خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود. کشاورزی مدرن صرفاً با دیدگاه تولید بیشتر و بدون توجه به کیفیت محصول در ۵۰ سال اخیر صدمات فراوانی به ساختمان خاک و حاصلخیزی آن و همچنین محیط زیست وارد نموده است (۱۷). بنابراین، تولید و استفاده از کودهای آلی، یکی از اولویت‌ها برای حفظ سلامت خاک، ترویج کشاورزی پایدار و کاهش پسماندهای شیمیایی در محیط زیست می‌باشد و می‌تواند به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در کشاورزی پایدار

ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۲۴ متر می‌باشد. نتایج آزمون خاک، بافت خاک را لوم رسی و pH آن را ۷/۴۶ نشان داد. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. میزان کل بارندگی در طول اجرای آزمایش ۲۵۳/۱ میلی‌متر بود که نحوه توزیع بارندگی و همچنین دیگر ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

محصول و کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط گندم و عدس در شرایط دیم بود.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان قهوند در استان همدان انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش در ۴۹ درجه طول شرقی و ۳۴ درجه عرض شمالی قرار دارد و

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Soil physicochemical characteristics for the experimental field

کربن آلی (درصد) OC (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	pH	نیترژن کل Total N (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	بافت خاک Soil Texture	شن % Sand (%)	سیلت % Silt (%)	رس % Clay (%)
1.32	0.409	7.4 6	0.13	590.01	59.4	لوم رسی clay loam	43	30	27

جدول ۲- ویژگی‌های آب و هوایی در طول دوره رشد

Table 2- Meteorological characteristics during the growing season

ویژگی	مهر ۹۸ September	آبان ۹۸ October	آذر ۹۸ November	دی ۹۸ December	بهمن ۹۸ January	اسفند ۹۸ February	فروردین March	اردیبهشت April	خرداد May	تیر ۹۹ June
دمای حداقل (درجه‌سانتی‌گراد) T <sub>min</sub> (°C)	4.18	2.37	-5.33	-2.55	-4.79	0.39	3.7	6.7	9.9	14
دمای حداکثر (درجه‌سانتی‌گراد) T <sub>max</sub> (°C)	24.88	19.09	8.96	8.71	7.74	15.05	17.2	21.5	30.6	35.7
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	0	5.8	13.1	65.1	34.3	17.2	55.5	75.7	5.9	0

سازی زمین شامل شخم با گاوآهن قلمی و دیسک سبک بود. ابعاد واحد آزمایشی ۳/۶×۴ متر (۱۴/۴ مترمربع) بود. در کشت خالص عدس ۱۲ ردیف کاشت به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و در کشت خالص گندم ۲۴ ردیف کاشت به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی‌متر قرار داشت. بنابراین اندازه کرت‌ها در این آزمایش یکسان بود. در اجرای کشت مخلوط از طرح جایگزینی استفاده شد. گندم و عدس به ترتیب در ۱۵ آبان و ۲۷ اسفند ۱۳۹۸ کشت شدند. میزان بذر مورد استفاده در مزرعه گندم

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل الگوهای مختلف کشت در چهار سطح (کشت خالص گندم، کشت خالص عدس و کشت‌های مخلوط نواری شش ردیف گندم با سه ردیف عدس (6W:3L) و دوازده ردیف گندم با شش ردیف عدس (12W:6L) (ردیف عدس: ردیف گندم) و مصرف اسید هیومیک در سه سطح (صفر، ۶ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار) بود. ارقام مورد استفاده برای عدس و گندم به ترتیب رقم محلی و سرداری بودند. عملیات آماده

عملکرد گیاه a در کشت مخلوط، Yaa: عملکرد گیاه a در کشت خالص، Yba: عملکرد گیاه b در کشت مخلوط و Ybb: عملکرد گیاه b در کشت خالص است (۲۶). لازم به ذکر است که در هر سطح اسید هیومیک، جهت محاسبه شاخص LER از کشت‌های خالص همان سطح استفاده شد.

پس از وارد کردن داده‌ها به کامپیوتر و تست فرضیات تجزیه واریانس و اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

### نتایج و بحث

**گندم:** نتایج حاکی از آن بود که تنها اثرات کشت مخلوط و کاربرد اسید هیومیک بر صفات اجزای عملکرد گندم شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه معنی‌دار بود ولی اثر متقابل دو فاکتور بر این ویژگی‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع با میانگین ۲۳۸/۲۴ به کشت خالص و کمترین تعداد آن نیز با میانگین ۲۰۲/۴۷ سنبله در مترمربع به کشت مخلوط 12W:6L مربوط بود (جدول ۴). در واقع، در کشت خالص گندم نسبت به کشت مخلوط 12W:6L تعداد سنبله در مترمربع ۱۴/۸۲ درصد بیشتر بود. از دلایل مهم کاهش تعداد سنبله در مترمربع، عدم تأمین رطوبت کافی در طی فصل رشد بود که سبب کاهش این ویژگی در تیمارهای آزمایشی شد. نتایج مقایسه میانگین مربوط به کاربرد اسید هیومیک نیز نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع با میانگین ۲۳۸/۷۶ سنبله در مترمربع مربوط به کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۰۰/۳۲ سنبله در مترمربع از تیمار شاهد (عدم مصرف

۹۰ کیلوگرم در هکتار (تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع) و برای عدس ۲۰ کیلوگرم در هکتار (۲۰۰ بوته در مترمربع) بود. با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱) ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار (۵۰ کیلوگرم در زمان کاشت و ۲۵ کیلوگرم در زمان ساقه روی گندم)، مصرف شد. پایش علف‌های هرز بطور مستمر در کرت‌های آزمایشی انجام شد و برای کنترل علف‌های هرز از حذف دستی این گیاهان استفاده شد که در طی رشد محصولات انجام گرفت. اسید هیومیک با نام تجاری اوریکس هیوم یونان از فروشگاه آرال تهیه شد که دارای ۷۴ درصد اسید هیومیک خالص و حدود ۱۲ درصد پتاسیم و مقادیری عناصر ریزمغذی بود. نوع مصرف به صورت خاک مصرف بود و در زمان کشت به خاک اضافه شد.

در این آزمایش صفاتی مانند تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای گندم اندازه‌گیری شد. در مورد عدس نیز صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. اجزای عملکرد دانه گندم و عدس از ده بوته بطور تصادفی اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دو گونه، در هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه (ردیف‌های کناری و نیم متر از طرفین ردیف‌های وسطی)، سطحی به اندازه دو مترمربع از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و برداشت شد. درصد پروتئین دانه گندم و عدس به روش کج‌جدال اندازه‌گیری گردید. تاریخ برداشت گندم و عدس به ترتیب ۱۵ و ۲۰ تیر ماه ۱۳۹۹ بود. برای ارزیابی زراعت مخلوط و مقایسه آن با زراعت تک کشتی، از شاخص نسبت برابری زمین (LER) استفاده شد که از طریق فرمول  $LER = (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb)$  محاسبه گردید. در این فرمول، Yab:



اثر اسید هیومیک بر تولید محصول و کارایی... / علی عبدالهی و همکاران

اسید هیومیک، به دست آمد (جدول ۴). در بررسی اثر اسید هیومیک بر گندم گزارش شده که اسید هیومیک سبب افزایش معنی دار در اجزای عملکرد دانه گندم از جمله تعداد سنبله در مترمربع شد (۲۷ و ۲۸).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کشت مخلوط و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 3- Analysis of variance of the intercropping and humic acid effects on the yield and yield components of wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سنبله در مترمربع N. of spikes/m <sup>2</sup>	دانه در سنبله N. of seeds/spike	وزن هزاردانه 1,000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت HI	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield
تکرار Replication	2	9855.98**	88.45**	121.92**	7635.46**	44963.31**	90.89**	37.18**	65.70**
کشت مخلوط Intercropping	2	2941.85*	83.91*	539.37**	7271.07**	29586.45**	98.87*	48.89**	57.93*
اسید هیومیک Humic acid	2	3470.81*	124.01**	56.70*	1971.01**	34177.99**	89.16*	6.96*	201.16**
کشت مخلوط × اسید هیومیک Intercropping × humic acid	4	86.50 <sup>ns</sup>	2.02 <sup>ns</sup>	8.25 <sup>ns</sup>	418.52*	2016.69 <sup>ns</sup>	75.69*	0.87 <sup>ns</sup>	19.46 <sup>ns</sup>
خطا Error	16	708.21	19.51	11.84	134.19	3132.75	20.12	2.03	15.14
ضریب تغییرات CV (%)	-	11.99	14.95	9.94	12.13	18.43	14.04	11.13	18.28

ns, \*, \*\* and \*\* are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات کشت مخلوط و کاربرد اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 4- Means comparison for the effects of intercropping and humic acid on yield and yield components of wheat

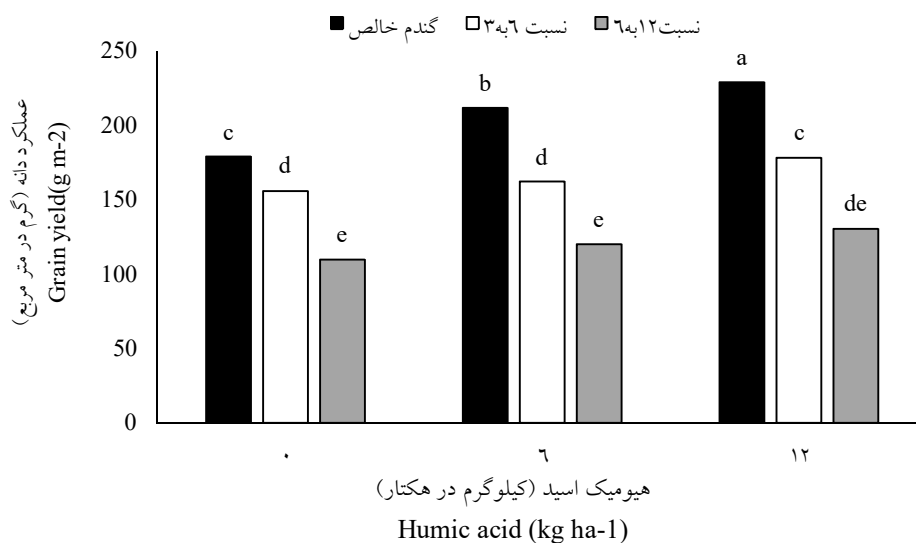
الگوی کشت Cropping pattern	سنبله در مترمربع N. of spikes/m <sup>2</sup>	دانه در سنبله N. of seeds/spike	وزن هزاردانه (گرم) 1,000-grain weight (g)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m <sup>-2</sup> )	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع) Protein yield (g.m <sup>-2</sup> )
کشت خالص گندم Wheat sole crop	238.24 <sup>a</sup>	32.44 <sup>a</sup>	42.00 <sup>a</sup>	386.45 <sup>a</sup>	10.33 <sup>c</sup>	23.56 <sup>a</sup>
6W:3L	224.92 <sup>ab</sup>	29.82 <sup>ab</sup>	35.22 <sup>b</sup>	282.82 <sup>b</sup>	13.11 <sup>b</sup>	21.74 <sup>ab</sup>
12W:6L	202.47 <sup>b</sup>	26.35 <sup>b</sup>	26.55 <sup>c</sup>	259.58 <sup>b</sup>	14.96 <sup>a</sup>	18.55 <sup>b</sup>
هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha <sup>-1</sup> )						
0	200.32 <sup>b</sup>	26.33 <sup>c</sup>	32.22 <sup>b</sup>	236.28 <sup>b</sup>	11.85 <sup>b</sup>	16.30 <sup>b</sup>
6	226.54 <sup>ab</sup>	28.68 <sup>b</sup>	34.33 <sup>ab</sup>	317.36 <sup>a</sup>	12.97 <sup>ab</sup>	20.63 <sup>b</sup>
12	238.76 <sup>a</sup>	33.60 <sup>a</sup>	37.22 <sup>a</sup>	357.21 <sup>a</sup>	13.58 <sup>a</sup>	26.30 <sup>a</sup>

میانگین‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر ندارند (بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد) Averages that have at least one letter in common do not have a significant difference (based on the LSD test at the 5% probability level)

نتایج مقایسات میانگین اثر کشت مخلوط حاکی از آن بود که بالاترین وزن هزار دانه با میانگین ۴۲/۰۰ گرم از کشت خالص گندم بدست آمد و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۶/۵۵ گرم (با ۳۶/۷۸ درصد کاهش) به کشت مخلوط با نسبت 12W:6L مربوط بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد اسید هیومیک نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه گندم با میانگین ۳۷/۲۲ گرم از کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و کمترین میزان نیز با میانگین ۳۲/۲۲ گرم به تیمار شاهد مربوط بود (جدول ۴). نتایج بدست آمده توسط تاهون و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان داد که محلول پاشی با اسید هیومیک، وزن هزار دانه گندم را افزایش داد (۲۹).

اثرات کشت مخلوط و اسید هیومیک و اثر متقابل این دو فاکتور بر عملکرد دانه گندم در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک بیانگر آن بود که بالاترین عملکرد دانه گندم با میانگین ۱۵۶/۲ گرم در مترمربع مربوط به کشت خالص گندم و مصرف ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۵۹/۵ گرم در مترمربع مربوط به کشت مخلوط 12W:6L و عدم مصرف اسید هیومیک بود (شکل ۱). خان و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر هیومیک اسید گزارش کردند که مصرف خاکی هیومیک اسید به مقدار ۱۵، ۳۰ و ۴۵ پی پی ام به ترتیب سبب افزایش عملکرد نخود به میزان ۲۱، ۲۶ و ۳۲ درصد شد، در حالی که محلول پاشی هیومیک اسید به همین مقدار به ترتیب ۸، ۱۶ و ۲۴ درصد عملکرد نخود را افزایش داد (۱۹).

مقایسه میانگین مربوط به اثر کشت مخلوط نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله با میانگین ۳۲/۴۴ به کشت خالص گندم مربوط بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۶/۳۵ از کشت مخلوط 12W:6L بدست آمد (جدول ۴). احتمالاً در کشت مخلوط، رقابت یکی از دلایل مهم در کاهش دسترسی جنین دانه تشکیل شده به مواد تولیدی در گیاه است. در مورد اثر کاربرد اسید هیومیک نیز بالاترین تعداد دانه در سنبله با میانگین ۳۳/۶۰ دانه در هر سنبله از کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بدست آمد و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۶/۳۳ دانه مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). به نظر می رسد مصرف اسید هیومیک با افزایش ماده سازی در گیاه گندم مانع از سقط جنین دانه های تشکیل شده در این گیاه شده و در نهایت تعداد دانه در سنبله در تیمارهای با مصرف اسید هیومیک افزایش نشان می دهد (۲۹). همچنین، هیومیک اسید با قرار دادن آب و مواد غذایی بیش تر و مناسب تر در اختیار گیاه میزان ساخت رنگیزه ها را افزایش داده و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت تر می کند (۲۰). هیومیک اسید سبب تداوم بافت های فتوسنتز کننده شده و عملکرد گیاهان را افزایش می دهد. همچنین هیومیک اسید از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیک از جمله اثر بر متابولیسم سلول های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد در گیاهان می شود (۲۱ و ۲۲). بر اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته هیومیک اسید به طور معنی داری سرعت فتوسنتز، توسعه ریشه و محتوای مواد غذایی در گیاهان را افزایش می دهد. در آزمایشی روی لوبیا کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید منجر به افزایش وزن دانه، تعداد دانه، عملکرد دانه و تجمع ماده خشک نسبت به شاهد شد (۲۴).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک بر عملکرد دانه گندم  
Figure 1- Means comparison for the effect of intercropping and humic acid interaction on wheat grain yield

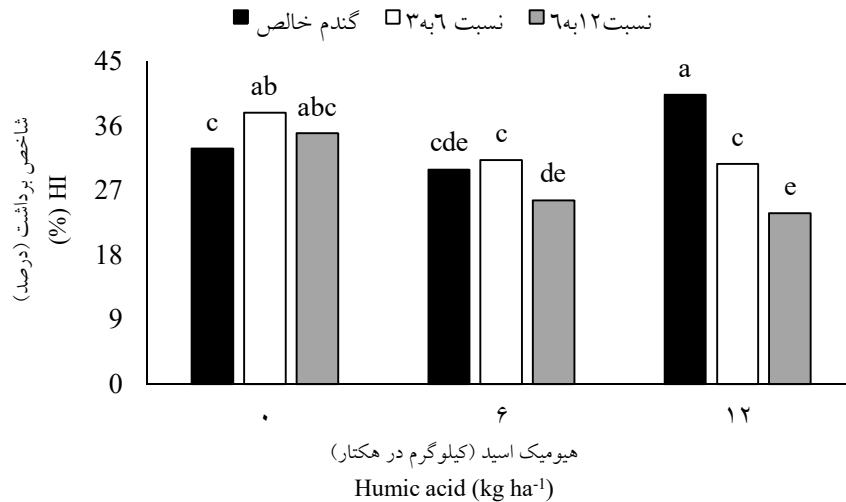
کشت مخلوط جو و ماشک، حداکثر عملکرد بیولوژیک جو را در تک کشتی آن بدست آوردند و الگوهای کشت مخلوط از این نظر در رتبه‌های بعد قرار داشتند (۳۰). کهرمان (۲۰۱۷)، با انجام آزمایشی جهت بررسی و تعیین مقدار مناسب مصرف ماده آلی هیومیک اسید بر روی نخود گزارش داد که افزایش مصرف هیومیک اسید بیشترین تأثیر را در افزایش بیوماس، تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و عملکرد داشته است (۳۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کشت مخلوط و اسید هیومیک و اثر متقابل این دو فاکتور بر شاخص برداشت گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک حاکی از آن بود که بالاترین شاخص برداشت با میانگین ۴۰/۳۴ درصد از کشت خالص گندم و کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به دست آمد و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۴/۲۵ درصد مربوط به کشت مخلوط 12W:6L و کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بود (شکل ۲). شاخص برداشت صفتی است که

با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۳ اثرات کشت مخلوط و کاربرد اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل این دو فاکتور معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط حاکی از آن بود که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک با میانگین ۳۳۸/۴۵ گرم در مترمربع مربوط به کشت خالص گندم بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۵۹/۵۸ گرم در مترمربع مربوط به کشت مخلوط 12W:6L بود (جدول ۴). در شرایط کاربرد اسید هیومیک نیز به دلیل فراهمی عناصر غذایی برای گیاه، رشد رویشی و زایشی گیاه بهبود یافت. بالاترین عملکرد بیولوژیک گندم با میانگین ۳۵۷/۲۱ گرم در مترمربع به تیمار کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مربوط بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۳۶/۲۸ گرم در مترمربع از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۴). این امر نیز بیانگر آن است که در شرایط کاربرد اسید هیومیک مقدار عناصر غذایی در دسترس برای گیاه افزایش یافته و منجر به رشد بیشتر گیاه گردیده است. عزیزی و همکاران (۲۰۱۷)، در بررسی

بهرتر دانه و انتقال مجدد و فتوسنتز جاری در زمان پر شدن دانه را فراهم نماید موجب افزایش شاخص برداشت خواهد شد (۳۲).

براساس نسبت عملکرد اقتصادی بر عملکرد بیولوژیک بدست می‌آید که این امر براساس اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه تعیین کننده افزایش یا کاهش در شاخص برداشت است، بنابراین هر عاملی که رشد



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و اسید هیومیک بر شاخص برداشت گندم

Figure 2 Means comparison for the effect of intercropping x humic acid interaction on wheat harvest index

گندم بین تیمارهای ۶ و ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کمترین درصد عملکرد پروتئین گندم مربوط به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) بود (جدول ۴). دلیل افزایش پروتئین دانه غله به تثبیت بیشتر نیتروژن توسط لگوم در کشت مخلوط در پاسخ به افزایش رقابت با غله بر سر جذب نیتروژن خاک و در نتیجه انتقال نیتروژن تثبیت شده نسبت داده می‌شود (۳۱). هاگارد نیلسن و همکاران (۲۰۰۹)، مشاهده کردند که در کشت مخلوط جو با نخود، میزان استفاده از منابع نیتروژن ۱۷-۳۱ درصد بیشتر از تک کشتی گیاهان است و دلیل آن را به جذب بیشتر نیتروژن از خاک توسط جو و در نتیجه تحریک بیشتر نخود به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن ربط دادند (۳۳). چاپاگین و رایزمن (۲۰۱۴) نتیجه گرفتند که با انجام کشت مخلوط جو با نخود فرنگی، تعداد گره‌های نخود بطور معنی داری نسبت به کشت خالص

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر کشت مخلوط و کاربرد اسید هیومیک بر درصد عملکرد پروتئین گندم در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط نشان داد که بالاترین درصد پروتئین دانه گندم با میانگین ۱۴/۹۶ درصد از کشت مخلوط 12W:6L و کمترین میزان نیز با میانگین ۱۰/۳۳ درصد مربوط به کشت خالص گندم بود. ولی در بین الگوهای مختلف کشت، بیشترین عملکرد پروتئین گندم بدون اختلاف معنی دار با کشت مخلوط 6W:3L از کشت خالص آن به دست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین اثر هیومیک اسید نیز حاکی از آن بود که بیشترین درصد عملکرد پروتئین گندم (به ترتیب ۱۳/۵۸ درصد و ۲۳/۵۶ گرم در مترمربع) از کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به دست آمد. قابل ذکر است که از نظر درصد پروتئین دانه

بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر کاربرد هومیک اسید نیز نشان داد که بالاترین میزان برای وزن هزار دانه عدس با میانگین ۲۶/۹۸ گرم مربوط به تیمار مصرف ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۲/۱۸ گرم مربوط از تیمار عدم مصرف اسید هیومیک حاصل شد (جدول ۶). احتمالاً این امر به دلیل کمبود عناصر غذایی و رقابت بر سر منابع غذایی در تیمار شاهد و کشت مخلوط 12W:6L منجر به کاهش اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه گردیده است (شکل ۳). نیوگزچوانتز و کاول (۲۰۱۴) نتیجه گرفتند که احتمالاً فشار رقابت در مرحله گرده افشانی به دلیل آسمیلات کمتر و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها بیوماس کمتری در دانه تجمع پیدا کرده و در کشت مخلوط موجب کاهش وزن هزار دانه نسبت به کشت مخلوط گردید (۳۴). همچنین آغشته سازی بذرها با اسید هیومیک وزن دانه را افزایش داده است (۳۵).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات کشت مخلوط و اسید هیومیک و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت عدس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک بیانگر آن بود که بالاترین عملکرد دانه (۱۱۷/۳۳ گرم در مترمربع) (شکل ۳)، عملکرد بیولوژیک (۴۰۰ گرم در مترمربع) (شکل ۴) و شاخص برداشت عدس (۴۳/۹۳ درصد) (شکل ۵) مربوط به کشت خالص عدس و مصرف ۱۲ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بود. کمترین مقادیر عملکرد دانه (۴۴/۸۰ گرم در مترمربع و با ۶۲ درصد کاهش)، عملکرد بیولوژیک (۱۹۸/۹۰ گرم در مترمربع و با ۵۰ درصد کاهش) و شاخص برداشت عدس (۱۸/۷۰ درصد) به کشت مخلوط 12W:6L و عدم مصرف اسید هیومیک تعلق گرفت.

آن افزایش یافت. بطوری که تعداد گره‌ها ۲۷-۴۵ درصد و میزان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن ۹-۱۷ درصد بیشتر از کشت خالص نخود فرنگی بود. آن‌ها بیشترین میزان نیتروژن انتقال داده شده از نخود فرنگی به جو (۶ کیلوگرم در هکتار و یا ۱۶ درصد نیتروژن موجود در دانه جو) را از نسبت کشت ۱:۱ گزارش کردند (۳۲).

**عدس:** نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۵ نشان داد که اثر کشت مخلوط و کاربرد اسید هیومیک بر تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه عدس معنی‌دار بود. ولی اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. نتایج مقایسات میانگین اثر کشت مخلوط نشان داد که بالاترین تعداد دانه در بوته عدس با میانگین ۲۸/۵۲ مربوط به کشت خالص عدس و کمترین تعداد دانه در بوته نیز مربوط به کشت مخلوط 12W:6L با میانگین ۲۱/۵۸ بود (جدول ۶). نتایج مقایسات میانگین مربوط به اسید هیومیک نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بوته با میانگین ۲۸ عدد مربوط به کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۱/۷۳ دانه در بوته از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد، دلیل افزایش تعداد دانه در بوته با مصرف اسید هیومیک، جلوگیری از ریزش یا عقیم شدن غلاف‌ها در شرایط دیم باشد. مشابه نتایج این بررسی در مورد نخود گزارش شده است که جایگزینی اسید هیومیک به جای کودهای شیمیایی، سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. به‌نحویکه مصرف کود بیولوژیک بیشترین تعداد غلاف در بوته و در نهایت دانه در بوته را باعث شد (۳۰).

نتایج مقایسات میانگین اثر کشت مخلوط نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه عدس با میانگین ۲۸/۸۳ گرم مربوط به کشت خالص و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۰/۴۶ گرم مربوط به کشت مخلوط 12W:6L

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کشت مخلوط و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس

Table 5- Analysis of variance of the intercropping and humic acid effects on the yield and yield components of lentil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه 1,000- grain weight	عملکرد دانه grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت HI	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield	مجموع عملکرد دانه گندم و عدس ° wheat yield + lentil yield
تکرار Replication	2	136.13**	176.72**	124.73**	10.46.**	26.35ns	67.84*	121.91**	471.98**
کشت مخلوط Intercropping	2	108.63**	158.67**	1441.77**	7934.75**	539.78**	1.47.ns	86.23*	14706.62**
اسید هیومیک Humic acid	2	88.55*	52.23*	2242.30**	20242.26**	21.36ns	74.62*	378.05**	8402.42**
کشت مخلوط × اسید هیومیک Intercropping × humic acid	4	2.93ns	3.60ns	539.83*	1652.25*	79.08*	5.18ns	34.92ns	1628.18*
خطا Error	16	17.34	10.18	131.97	571.81	18.62	13.51	20.50	353.34
ضریب تغییرات CV (%)	-	16.68	13.05	15.76	9.07	15.30	13.27	22.07	11.16

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

\*درجه آزادی کشت مخلوط، کشت مخلوط × اسید هیومیک و خطا در ویژگی مجموع عملکرد دانه گندم و عدس به ترتیب ۳، ۶ و ۲۴ است.

ns، \* and \*\* are non-significant, significant at  $P \leq 0.05$  and  $P \leq 0.01$ , respectively

\*The degrees of freedom for intercropping, intercropping x humic acid and error in the total yield (wheat yield+ lentil yield) are 3, 6 and 24, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات کشت مخلوط و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس

Table 6- Means comparison for the effects of intercropping and humic acid on yield and yield components of lentil

الگوی کشت Cropping pattern	تعداد دانه در بوته N. of seeds/plant	وزن هزار دانه (گرم) 1,000-grain weight (g)	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع) Protein yield (g.m <sup>-2</sup> )
کشت خالص عدس Lentil sole crop	28.52a	28.83a	27.23a	24.07a
6W:3L	24.75ab	24.02b	27.89a	18.92b
12W:6L	21.58b	20.46c	27.97a	18.53b
هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha <sup>-1</sup> )				
0	21.73b	22.18b	24.81b	14.90b
6	25.12ab	24.16ab	27.71ab	19.01b
12	28.00a	26.98a	30.57a	27.61a

میانگین‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر ندارند (بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد)

Averages that have at least one letter in common do not have a significant difference (based on the LSD test at the 5% probability level)

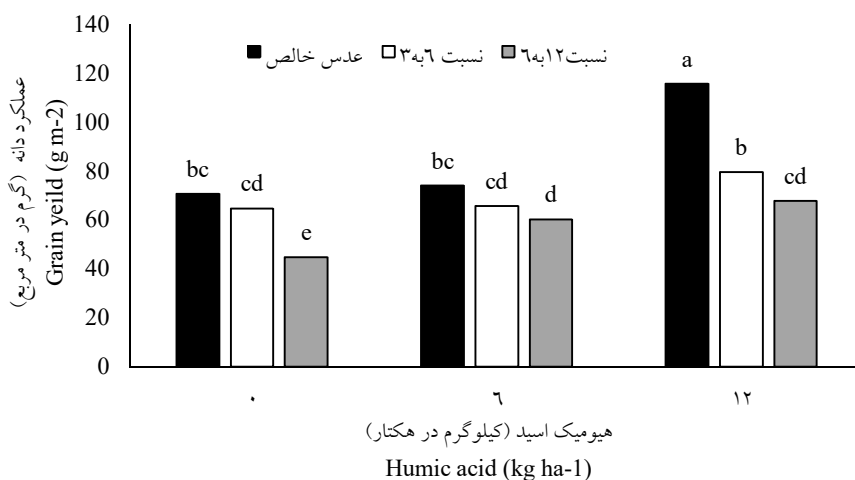
سبب بهبود عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (۳۶).  
اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از  
جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش

گزارش شده است که در شرایط کم آبی استفاده از  
کودهای آلی با تأثیر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی  
و بیولوژیکی خاک در مقایسه با کودهای شیمیایی،

فتوستتزی و فتوستتزی گزارش دادند. به طوری که افزایش ظرفیت فتوستتزی باعث افزایش رشد و تجمع ماده خشک در کانوبی کشت مخلوط شد که در نهایت به افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه اجزای کشت مخلوط نسبت به مقدار پیش بینی شده گردید (۴۲). افزایش عملکرد بیولوژیک با مصرف اسید هیومیک را می توان به تحریک رشد گیاه از طریق سوخت و ساز عناصر کم مصرف و پرمصرف، فعال سازی آنزیم ها و تغییر در نفوذ پذیری غشاء و سنتز پروتئین ها دانست که مجموع این عوامل سبب افزایش بیوماس گیاه می گردد (۴۳). ال قمری و همکاران (۲۰۰۹)، نیز افزایش عملکرد بیولوژیکی در نخود به موازات افزایش مصرف اسید هیومیک را گزارش کرده اند (۴۴). محلول پاشی اسید هیومیک سبب افزایش میزان کربوهیدرات در ساقه و برگ گیاهان می شود. این کربوهیدرات از طریق ساقه به ریشه انتقال داده می شود و بعد از ریشه به خاک منتقل می شود که این عمل علاوه بر فراهمی مواد غذایی برای میکروارگانیسم ها، اسید و سایر ترکیبات آلی را به محیط ریشه رها می کند که سبب افزایش فراهمی مواد غذایی به گیاه می شود که این عمل سبب افزایش عملکرد بیولوژیک خواهد شد (۴۵).

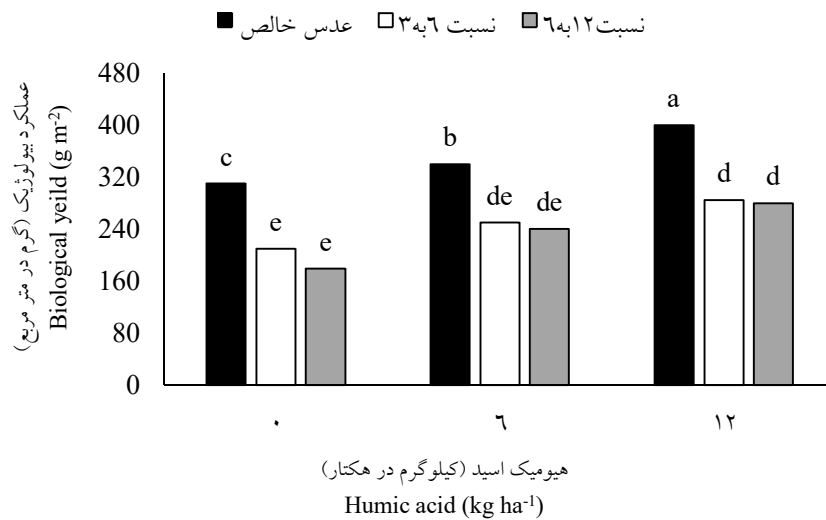
غلظت کلروفیل برگ و فتوستتزی موجب افزایش عملکرد گیاهان می شود (۳۷). در همین رابطه در مطالعه حق پرست و همکاران (۲۰۱۲) و آرمین و مصلحی (۲۰۱۲)، در بررسی کاهش آثار منفی تنش خشکی در نخود با کاربرد اسید هیومیک مشخص شد که استفاده از محلول پاشی با ترکیبات اسید هیومیک، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته و نهایتاً عملکرد را در ارقام مختلف تحت تأثیر قرار داد (۳۸ و ۳۹)، که با نتایج این تحقیق و سایر تحقیقات مرتبط با موضوع مورد بررسی (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۷، سرور و همکاران، ۲۰۱۷)، همخوانی دارد (۴۰ و ۴۱). مولکول های اسید هیومیک با مولکول های آب پیوندی تشکیل می دهند که تا حدود زیادی مانع تبخیر آب می شود. همچنین مولکول های فولیک اسید (بخش ریز مولکول اسید هیومیک) به درون بافت های گیاهی نفوذ می کند و با پیوند شدن به مولکول های آب تعریق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب درون گیاه کمک می کند و منجر به حفظ و پایداری عملکرد در این شرایط می شود (۴۲).

گانگ و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند که در کشت مخلوط ارزن و ماش، از افزایش شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل برگ، جذب تشعشعات فعال

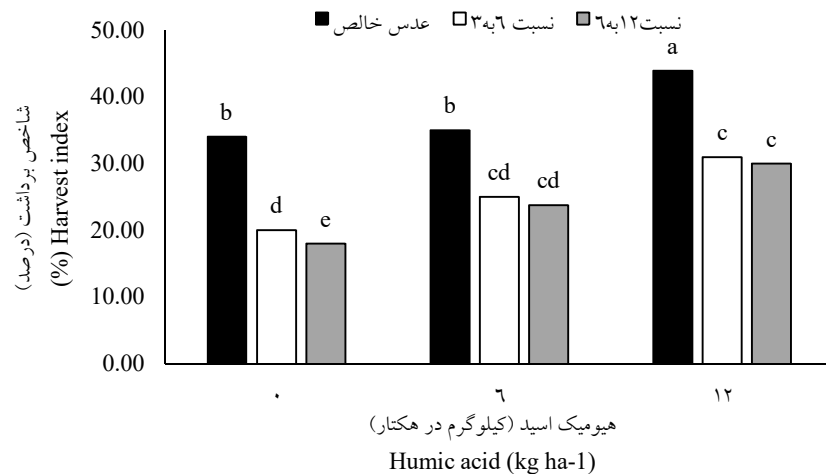


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک بر عملکرد دانه عدس

Figure 3- Means comparison for the effect of intercropping x humic acid interaction on lentil grain yield



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک عدس  
 Figure 4- Means comparison for the effect of intercropping× humic acid interaction on lentil biological yeild



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط در اسید هیومیک بر شاخص برداشت عدس  
 Figure 5- Means comparison for the effect of intercropping× humic acid interaction on lentil harvest index

هیومیک به دست آمد و کمترین درصد پروتئین نیز با میانگین ۲۴/۸۱ درصد مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). در آزمایشی که توسط مشهدی و همکاران (۲۰۱۳)، انجام شد گزارش شده است که در اثر مصرف اسید هیومیک درصد پروتئین دانه افزایش یافت (۴۶).

بررسی‌ها نشان داد که فقط اثر کاربرد اسید هیومیک بر درصد پروتئین عدس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد و اثر کشت مخلوط و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۵). نتایج مقایسات میانگین اثر مصرف اسید هیومیک حاکی از آن بود که بیشترین درصد پروتئین عدس با میانگین ۳۰/۵۷ درصد از کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار اسید



نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین عدس با میانگین ۲۷/۶۱ گرم بر مترمربع مربوط به مصرف ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بود و کمترین میزان با میانگین ۱۴/۹۰ گرم بر مترمربع و با ۴۶ درصد کاهش، مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) بود (جدول ۶). این نتایج با یافته‌های حمزه‌ئی و داودیان (۲۰۱۹)، در کشت مخلوط کلزا با نخود، همخوانی دارد (۴۷). همچنین در برخی مطالعات گزارش شده است که افزایش رقابت برای منابع محیطی و کاهش عملکرد دانه در تیمارهای کشت مخلوط، باعث کاهش این صفت شده است (۴۸).

نتایج مربوط به عملکرد پروتئین دانه عدس نیز نشان داد که اثرات کشت مخلوط و کاربرد اسید هیومیک بر عملکرد پروتئین عدس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر عملکرد پروتئین دانه عدس نداشت (جدول ۵). مقایسات میانگین اثر کشت مخلوط نشان داد که بالاترین عملکرد پروتئین (۲۴/۰۷ گرم در مترمربع) مربوط به کشت خالص عدس و کمترین میزان با میانگین ۱۸/۵۳ گرم بر مترمربع و ۲۳ درصد کاهش، مربوط به کشت مخلوط 12W:6L بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد اسید هیومیک نیز

جدول ۷- مقادیر شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط گندم با عدس در سطوح مختلف اسید هیومیک

Table 7- Values of land equivalent ratio (LER) in wheat and lentil intercropping at different levels of humic acid

اسید هیومیک (Humic acid)	کشت مخلوط (Intercropping)	گندم	عدس	کل
		LER <sub>wheat</sub>	LER <sub>lentil</sub>	LER <sub>Total</sub>
شاهد Control	۶ ردیف گندم: ۳ ردیف عدس 6W:3L	0.87	0.92	1.79
	۱۲ ردیف گندم: ۶ ردیف عدس 12W:6L	0.61	0.63	1.21
۶ کیلوگرم در هکتار 6 kg/ha	۶ ردیف گندم: ۳ ردیف عدس 6W:3L	0.76	0.89	1.66
	۱۲ ردیف گندم: ۶ ردیف عدس 12W:6L	0.57	0.81	1.38
۱۲ کیلوگرم در هکتار 12 kg/ha	۶ ردیف گندم: ۳ ردیف عدس 6W:3L	0.78	0.69	1.47
	۱۲ ردیف گندم: ۶ ردیف عدس 12W:6L	0.57	0.59	1.16

بهره‌برداری بهتر از زمین و استفاده مناسب از منابع محیطی در جهت رشد گیاهان حادث شده است. قابل ذکر است که در هر سطح اسید هیومیک کشت مخلوط 6W:3L از نظر نسبت برابری زمین بر کشت مخلوط 12W:6L برتری داشت (جدول ۷). لی و همکاران (۲۰۱۹) در کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی اظهار داشتند که کشت مخلوط یکی از روش‌های بسیار موثر در افزایش کارایی استفاده از منابعی مانند زمین است (۴۹). همچنین تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گیاه لگوم

شاخص نسبت برابری زمین: جهت محاسبه این شاخص، از کشت خالص گندم و عدس در هر سطح اسید هیومیک به عنوان شاهد در همان سطح اسید هیومیک استفاده شد. نتایج مربوط به شاخص نسبت برابری زمین برای گندم و عدس نشان داد که مقادیر عددی این شاخص در هر دو تیمار کشت مخلوط (6W:3L و 12W:6L) و در تمام سطوح اسید هیومیک مصرف شده، بالاتر از یک بود که نشان از سودمندی کشت مخلوط گندم و عدس دیم است که در نتیجه

در کشت خالص و مخلوط بهبود بخشید. به طوری که کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار از این نظر در سطح بالاتری نسبت به سطح ۶ کیلوگرم و شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) قرار گرفت. همچنین، بر اساس شاخص LER تمام کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص از برتری برخوردار بودند و در این بین کشت مخلوط شش ردیف گندم با سه ردیف عدس توأم با کاربرد ۱۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار جهت حصول حداکثر عملکرد و سودمندی کشت مخلوط گندم و عدس دیم مناسب به نظر می‌رسد.

و کاشت مخلوط گیاه غیر لگوم و لگوم با یکدیگر سبب بطور معمول افزایش عملکرد و در نتیجه آن افزایش میزان شاخص نسبت برابری زمین خواهد (۵۰) و (۵۱). در بسیاری از تحقیقات نیز برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به کشت مخلوط لوبیا و ریحان (۵۲) و کشت مخلوط ذرت با سویا اشاره کرد (۵۳).

### نتیجه‌گیری نهایی

نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از اسید هیومیک رشد، عملکرد و کیفیت هر دو گیاه گندم و عدس را

### References

1. FAO (2020). "FAOSTAT Databas". <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
2. Statistics of the Ministry of Agricultural Jihad. (2022). Deputy Planning and Economic Affairs.
3. Majnoun Hosseini, N. (2008). Grain Legume Production. Tehran University Jihad Organization Publications. P: 284.
4. Romano, A., Gallo, V., Ferranti, P., & Masi, P. (2021). Lentil flour: Nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry. *Current Opinion in Food Science*, 40, 157-167.
5. Hamzei, J., & Seyyedi, M. (2016). Energy use and input-output costs for sunflower production in sole and intercropping with soybean under different tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 157, 73-82.
6. Jensen, E.S., Bedoussac, L., Carlsson, G., Journet, E.P., Justes, E., & Hauggaard-Nielsen, H. (2015). Enhancing yields in organic crop production by eco-functional intensification. *Sustainable Agriculture Research*, 4, 42-50.
7. Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L., & Justes, E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 911-935.
8. Chamkhi, I., Cheto, S., Geistlinger, J., Zeroual, Y., Kouisni, L., Bargaz, A., & Ghoulam, C. (2022). Legume-based intercropping systems promote beneficial rhizobacterial community and crop yield under stressing conditions. *Industrial Crops and Products*, 183, 114958.
9. Tang, X., Zhang, C., Yu, Y., Shen, J., van der Werf, W., & Zhang, F. (2021). Intercropping legumes and cereals increases phosphorus use efficiency; a meta-analysis. *Plant and Soil*, 460, 89-104.
10. Valizadegan, O. (2014). Evaluation of insect's fauna diversity and agronomical yield, in intercropping coriander and faba bean. *Journal of Crop Improvement*, 1, 69-80.
11. Rezaei-chiyaneh, E., Khorramdel, S., & Garachali, P. (2014). Evaluation of relay intercropping of sunflower and faba bean on their yield and land use efficiency. *Journal Crop Improvement*, 17(1), 183-196.
12. Jahangiri, H., Tohidinejad, E., Torabi, M., & Golkar, P. (2014). Evaluation of fodder yield, land equality ratio and some quality characteristics of silage in mixed cultivation of oats (*Avena sativa* L.) and vetch (*Vicia sativa* L.). *Agricultural Crops*, 17(2), 373-384.

13. Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., & Baresel, J. (2014). Evaluating spatial arrangement for durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and sub clover (*Trifolium subterraneum* L.) intercropping systems. *Field Crop Research*, 169, 49–57.
14. Gronle, A., Lux, G., Böhm, H., Schmidtke, K., Wild, M., Demmel, M., Brandhuber, R., Wilbois, K., & Heb, J. (2015). Effect of ploughing depth and mechanical soil loading on soil physical properties, weed infestation, yield performance and grain quality in sole and intercrops of pea and oat in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 148, 59–73.
15. Scalise, A., Tortorella, D., Pristeri, A., Petrovicova, B., Gelsomino, A., Lindstrom, K., & Monti, M. (2015). Legume barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. *Soil Biology and Biochemistry Journal*, 89, 150-161.
16. Tanwar, S., Rao, S.S., Regar, P.L., Datt, S., Kumar, P., Jodha, B.S., Santra, P., Kumar, R., & Ramb, R. (2014). Improving water and land use efficiency of fallow-wheat system in shallow Lithic Calciorthid soils of arid region: Introduction of bed planting and rainy season sorghum-legume intercropping. *Soil and Tillage Research*, 138, 44–55.
17. Man-hong, Y., Lei, Z., Sheng-tao, X., McLaughlin, N.B., & Jing-hui, L. (2020). Effect of water soluble humic acid applied to potato foliage on plant growth, photosynthesis characteristics and fresh tuber yield under different water deficits. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
18. Elka, E., & Laekemariam, F. (2020). Effects of Organic Nutrient Sources and NPS Fertilizer on the Agronomic and Economic Performance of Haricot Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 1-9.
19. Khan, R.U., Khan, M.Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., & Jan, I.U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *Journal of Plant Nutrition*, 41, 453-460.
20. Rahi, A.R., Davoodifar, M., Azizi, F., & Habibi, D. (2012). Effects of different amounts of humic acid and response curves in the *Dactylis glomerata*. *Crop Breeding Journal*, 8(3), 15-28.
21. Alsamadany, H. (2022). Physiological, biochemical and molecular evaluation of mungbean genotypes for agronomical yield under drought and salinity stresses in the presence of humic acid. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(9), 103385.
22. Shen, J., Guo, M., Wang, Y., Yuan, X., Wen, Y., Song, X., & Guo, Y. (2020). Humic acid improves the physiological and photosynthetic characteristics of millet seedlings under drought stress. *Plant Signaling & Behavior*. 15(8), 1774212.
23. Shahhossein, Z., A., Gholami, H., & Asghari. (2012). Effect of arbuscular mycorrhizae and humic acid on water use efficiency and physiological growth indices of maize under water deficit condition. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 2(1), 39-56.
24. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., & Amiri, M.B. (2014). Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad. *Journal of Agroecology*, 2(3), 71-90.
25. Ghasemi, E., Tokolo M.R., & Zabihi H. (2012). Effect of nitrogen, potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. *Crop Breeding Journal*, 8(1), 39-56.
26. Mazaheri, D. (1998). Mixed farming. Tehran University Publications. P, 262.
27. Gao, S., Zhang, S., Yuan, L., Li, Y., Wen, Y., Xu, J. & Zhao, B. (2022). Humic Acids Incorporated into Urea at Different Proportions Increased Winter Wheat Yield and Optimized Fertilizer-Nitrogen Fate. *Agronomy*, 12(7), 1526.
28. Izhar Shafi, M., Adnan, M., Fahad, S., Wahid, F., Khan, A., Yue, Z. & Datta, R. (2020). Application of single superphosphate with humic acid improves the growth, yield and phosphorus uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.) in calcareous soil. *Agronomy*, 10(9), 1224.
29. Tahoun, A., El-Enin, M., Mancy, A., Sheta, M., & Shaaban, A. (2022). Integrative soil application of humic acid and foliar plant growth stimulants improves soil properties and

- wheat yield and quality in nutrient-poor sandy soil of a semiarid region. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(3), 2857-2871.
30. Azizi, K.H., Daraeimofrad, A., Nasiri, B., & Feizian, M. (2017). Study the effect of the additive series intercropping of broad leaf vetch (*Vicia narbonensis* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) on floristic composition control of weeds. *Journal of Plant Ecophysiology*, 11(37), 38-48.
  31. Kahraman, A. (2017). Effect of humic acid applications on the yield components in chickpea. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(1), 218-222.
  32. Chapagain, T., & Riseman, A. (2014). Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*, 166, 18-25.
  33. Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., & Jensen, E. (2009). Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N<sub>2</sub>-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research*, 113, 64-71.
  34. Neugschwandtner, R.W., & Kau, H.P. (2014). Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. *Field Crops Research*, 15, 159-163.
  35. Saruhan, V., Kusvuran, A., & Babat, S. (2011). The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). *Scientific Research and Essays*, 6(3), 663-669.
  36. Jabbari, F., & Khaleghnezhad, V. (2014). Consideration of some biofertilizers effect on water relations and gas exchange of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45, 53-64. (In Persian).
  37. Nardi, S., Pizzeghell, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higherplants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
  38. Haghparast, M., Maleki Farahani, S., Sinaki, & Zarei, G. (2012). Mitigation of drought stress in chickpea through application of humic acid and seaweed extract. *Crop Production in Environmental Stress*, 4(1), 59-71. (In Persian).
  39. Armin, M., & Moslehi, J. (2012). Response of yield and yield components of chickpea to time and amount of humic acid. *Modern Science of Sustainable Agriculture Journal*, 4, 1-9. (In Persian).
  40. Mahdavi, P., Sailaja, V., Ram Prakash, T., & Hussain, A. (2017). Effect of fertilizers, biochar and humic acid on seed, stover yield, harvest index and economics of maize (*Zea mays* L.) grown on alfisols. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(4), 766-770.
  41. Sarwar, M., Ahmed, S., Arsalan, M., & Khan, M. (2017). Humic acid affects zinc availability and wheat yield in zinc deficient calcareous soil. *Journal of Applied Agriculture and Biotechnology*, 2(1), 19-25.
  42. Gong, X., Dang, K., Zhao, G., Tian, L., Luo, Y., & Feng, B. (2020). Interspecific root interactions and water-use efficiency of intercropped proso millet and mung bean. *European Journal of Agronomy*, 115, 126034.
  43. Dönder, E., & Togay, Y. (2021). The effect of humic acid and potassium applications on the yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 5(3), 568-574.
  44. El-Ghamry, A.M., El-Hai, K.A., & Ghoneem, K.M. (2009). Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3, 731- 739.
  45. Sassi-Aydi, S., Aydi, S., & Abdelly, C. (2014). Inorganic nitrogen nutrition enhances osmotic stress tolerance in phaseolus vulgaris: Lessons from a drought-sensitive cultivar. *Hort Science*, 49(5), 550-555.
  46. Mashhadhi, T., Nakh Zari Moghadam, & A., Sabouri, H. (2013). Evaluation of grain yield, protein percentage and protein yield in wheat and pea mixed crops with different amounts of nitrogen. The 12th Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran, Karaj. <https://civilica.com/doc/218769>
  47. Hamzei, J., & Davoudian, R. (2019). Evaluation of Agrophysiological Indices and Yield Performance in Canola/Chickpea Intercropping. *Agroecology*, 11(1), 245-259.

48. Gao, Y., Duan, A., Qiu, X., Liu, Z., Suna, J., Zhang, J., & Wang, H. (2010). Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agricultural Water Management*, 98, 199–212.
49. Li, Y., Ma, L., Wu, P., Zhao, X., Chen, X., & Gao, X. (2019). Yield, yield attributes and photosynthetic physiological characteristics of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.)/maize (*Zea mays* L.) strip intercropping. *Field Crops Research*, 107656.
50. Martin-Guay, M.O., Paquette, A., Dupras, J., & Rivest, D. (2018). The new Green Revolution: sustainable intensification of agriculture by intercropping. *Science of the Total Environment*, 615, 767–772.
51. Raza, M.A., Cui, L., Qin, R., Yang, F., & Yang, W.J.S.R. (2020). Strip-width determines competitive strengths and grain yields of intercrop species in relay intercropping system, *10*(1), 1–12.
52. Alizadeh, Y., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2010). The study of agronomic characteristics yield, yield components and weed control potential of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative basil (*Ocimum basilicum* L.) in intercropping condition. *Journal Of Agroecology*, 3, 383- 397. (In Persian with English Summary).
53. Zaefarian, F., Aghaalikhani, M., Rahimian Mashhadi, H., Zand, E., & Rezvani, M. (2009). Yield and Growth Indices of Corn/Soybean Intercrop Under Simultaneous Competition of Redroot Pigweed and Jimsonweed. *Iranian Journal of Weed Science*, 5(1), 107-125.

