

## Evaluation of Yield and Advantage in Intercropping of Millet (*Panicum miliaceum* L.) with Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Vetch (*Vicia villosa* L.) under Regular and Magnetic Water Irrigation

Behnam Omrani<sup>1\*</sup>, Adel Dabbagh Mohammadi Nassab<sup>2</sup>, Mohammad Reza Shakiba<sup>2</sup>,  
Rouhollah Amini<sup>3</sup>

Received: 06 November 2021 Accepted: 27 December 2021

1-Member of the Faculty of Agriculture, University of Payame Noor, Tehran, Iran.

2-Prof., Dept. of Plant Eco. Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

\*Corresponding Author Email: b\_omrani @pnu.ac.ir

### Abstract

**Background & Objective:** This study was conducted to investigate the effect of magnetic water and intercropping pattern of millet, bean and forage vetch on species yields.

**Materials & Methods:** This study was conducted in the 2019 and 2020 cropping years to investigate the effect of magnetic water and intercropping pattern of three species of millet, bean and forage vetch on yield in the research farm of the Faculty of Agriculture, University of Tabriz. The experiment was performed based on a randomized complete block design with three replications and 14 treatments. The evaluated traits in millet were number of tillers per plant, number of leaves per plant, main stem diameter, grain yield, leaf chlorophyll index, total biomass, Harvest Index and dry forage yield in vetch and grain yield in the bean. LER, AYL, RVT and IA indices were used to evaluate intercropping.

**Results:** According to the combined analysis of variance, the effect of irrigation was significant for all studied traits of millet, vetch and bean and the effect of magnetic water increased the studied traits in three plants. The main effect of culture for all studied traits was significant at the level of 1% probability. The interaction of year in cultivation was significant only for the number of leaves per millet plant at 5% probability level. Also, the interaction effect of irrigation in cultivation was significant for millet grain yield, millet biomass, vetch forage yield and bean grain yield at 1% probability level, millet chlorophyll index and Harvest Index trait at 5% probability level. According to the intercropping indices and the results of comparing the means, intercropping of millet with beans and millet with vetch has increased the yield of plants and is more economical. Irrigation with magnetic water improved the traits of millet, bean and vetch plants. The results of comparing the mean culture effect for all traits also showed that mixed culture of millet-bean and millet-vetch with 2: 1 (Two rows of millet and Beans in a row) and 4: 1 (Four rows of millet and vetch in a row) ratio had better performance than pure culture.

**Conclusion** According to intercropping indices, the highest LER index was related to millet-vetch intercropping with a ratio of 4: 1. Also, the highest RVT index was associated with the cultivation of millet-bean mixture with a ratio of 2: 1. The maximum IA index obtained by millet-vetch intercropping with a ratio of 4: 1. Therefore, the yield of species in intercropping increased and they were better than a sole cropping.

**Keywords:** Beans, Intercropping, Magnetic Water Irrigation, Millet, Vetch

## بررسی عملکرد و مزیت در کشت مخلوط ارزن (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ماشک (*Vicia villosa* L.) تحت آبیاری نرمال و مغناطیسی

بهنام عمرانی<sup>۱\*</sup>، عادل دباغ محمدی<sup>۲</sup>، محمد رضا شکیبای<sup>۳</sup>، روح اله امینی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۶

۱- عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

\*مسئول مکاتبه: Email: b\_omrani@pnu.ac.ir

### چکیده

**اهداف:** این مطالعه به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی و الگوی کشت مخلوط ارزن، لوبیا و ماشک علوفه‌ای بر عملکرد گونه‌ها انجام گردید.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی و الگوی کشت مخلوط سه گیاه ارزن، لوبیا و ماشک علوفه‌ای بر عملکرد گونه‌ها در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۱۴ تیمار به اجرا درآمد. صفات مورد ارزیابی در گیاه ارزن تعداد پنجه در بوته، تعداد برگ در بوته، قطر ساقه اصلی، عملکرد دانه، شاخص کلروفیل برگ و بیوماس کل و شاخص برداشت و در گیاه ماشک عملکرد علوفه خشک و در گیاه لوبیا عملکرد دانه بودند. برای ارزیابی کشت مخلوط از شاخص‌های LER، AYL، RVT و IA استفاده گردید.

**یافته‌ها:** با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر آبیاری برای تمامی صفات مورد مطالعه ارزن، ماشک و لوبیا معنی‌دار و اثر آب مغناطیسی باعث افزایش صفات مورد مطالعه در سه گیاه شد. اثر اصلی نوع کشت برای همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سال در کشت فقط برای صفت تعداد برگ در بوته ارزن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل آبیاری در نوع کشت برای صفت عملکرد دانه ارزن، بیوماس ارزن، عملکرد علوفه خشک ماشک و عملکرد دانه لوبیا در سطح احتمال یک درصد و صفت شاخص کلروفیل و شاخص برداشت ارزن، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. با توجه به شاخص‌های کشت مخلوط و نتایج مقایسه میانگین‌ها، کشت مخلوط ارزن با لوبیا و ارزن با ماشک باعث افزایش عملکرد گیاهان مخلوط گردیده و از نظر اقتصادی نیز با صرفه‌تر می‌باشد. آبیاری با آب مغناطیسی باعث بهتر شدن صفات در گیاهان ارزن، لوبیا و ماشک گردید. نتایج مقایسه میانگین اثر کشت برای همه صفات نیز نشان داد که کشت مخلوط ارزن- لوبیا با نسبت ۲:۱ (دو ردیف ارزن و یک ردیف لوبیا) و ارزن- ماشک ۴:۱ (چهار ردیف ارزن و یک ردیف ماشک) نسبت به کشت خالص عملکرد بهتری داشتند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های کشت مخلوط، بیشترین مقدار شاخص LER مربوط به کشت مخلوط ارزن و ماشک با نسبت ۴:۱ بود. همچنین بیشترین میزان شاخص RVT مربوط به کشت مخلوط ارزن و لوبیا با نسبت ۲:۱ گردید. بنابراین عملکرد گیاهان در کشت مخلوط افزایش داشته و نسبت به تک کشتی بهتر بودند.

بالاترین سودمندی IA در کشت مخلوط ارزن و ماشک ۴:۱ با تیمار آبیاری آب مغناطیسی مشاهده شد. در مجموع مزایای عملکردی و درآمدی کشت مخلوط با نسبت دو ردیف ارزن و یک ردیف لوبیا به عنوان الگوی مناسب کشت مخلوط معرفی می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** کشت مخلوط، آب مغناطیسی، ارزن، لوبیا، ماشک علوفه‌ای

## مقدمه

محدودیت منابع آبی باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی شده است. این محدودیت منجر به بهره‌گیری از منابع غیرمتعارف آب در بخش کشاورزی به عنوان یک راهکار شده است (نوروزی و همکاران ۱۹۹۹). پالایش آب از طریق اعمال میدان مغناطیسی، که جزو روش‌های تصفیه فیزیکی به‌شمار می‌رود، برخی ویژگی‌های آن مانند آرایش بارهای الکتریکی مولکول‌های آب، چگالی، کشش سطحی و سرعت تبخیر را تغییر می‌دهد (لیدر وود ۲۰۰۵). گیاهان به‌طور طبیعی تحت تاثیر میدان‌های مغناطیسی زمین و میدان‌های الکتریکی بین زمین و ابرها قرار دارند (کیاتگامجورن ۲۰۰۲). از این‌رو، تحریک گیاهان به‌وسیله میدان‌های مغناطیسی و یا عبور دادن آب از یک میدان مغناطیسی و پاسخ متفاوت گیاهان به شدت‌های مختلف امواج الکترومغناطیسی می‌تواند راهی جهت افزایش کیفیت آب، کمیت و کیفیت محصول باشد (کارداس ۲۰۰۲). نتایج حاصل از پژوهشی که بر روی گیاه نخود انجام گرفت نشان داد کاربرد آب مغناطیسی منجر به افزایش ارتفاع این گیاه شده است (ناشیر ۲۰۰۸). مجد و شبرنگی (۲۰۰۹) اظهار کردند کاربرد آب مغناطیسی در آبیاری، بر متابولیسم سلول‌های مریستمی، افزایش جذب و آسمیلاسیون عناصر غذایی و بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی تاثیر دارد، همچنین آب مغناطیسی بر ارتفاع بوته و قطر ساقه اثر معنی‌داری داشته است.

به دلیل اهمیت گیاه ارزن و مزایای کشت مخلوط به عنوان یکی از راهکارهای مهم کشاورزی پایدار و تاثیر آن بر روی محیط زیست، این پژوهش برای بررسی تاثیر کشت مخلوط و آب مغناطیسی بر روی گیاه ارزن انجام شد.

گیاه ارزن (*Panicum miliaceum* L.) به دلیل ویژگی‌های مطلوب آن نظیر ارتفاع نسبتاً بلند، داشتن سیستم فتوسنتزی C4، خوش‌خوراکی زیاد در زمان گلدهی، نسبت بالای برگ به ساقه، کیفیت مطلوب علوفه به دلیل قابلیت هضم مناسب، درصد بالای پروتئین (۱۶ تا ۳۰ درصد) و عدم برخورداری از ترکیبات سمی، مقاومت به کم‌آبی و رشد سریع، آن را به عنوان گیاهی مطلوب برای تولید علوفه و دانه به‌خصوص در شرایط کشت مخلوط مطرح نموده است (استوارت ۱۹۹۰).

گیاهان علوفه‌ای در تغلیف دام و در نتیجه تامین نیاز انسان از نظر فرآورده‌های دامی از اهمیت غیرقابل انکاری برخوردار هستند. برای تامین این نیاز می‌بایست از راهکارهای موثر برای افزایش محصول استفاده کرد. کشاورزی پایدار یکی از راه‌های استفاده بهینه از منابع طبیعی (افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش آسیب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند) است، کاهش وابستگی کشاورزان به آفتکش‌ها، به شرط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی آن، هدف اصلی کشت مخلوط در کشاورزی پایدار است (آکوآندا ۲۰۰۱؛ بنیک و همکاران ۲۰۰۶ و فرناندز و همکاران ۲۰۰۷). کشت مخلوط دو یا چند گیاه که سودمندی متقابل با هم دارند، ریسک نابودی محصول را کاهش می‌دهد (اقبال و همکاران ۲۰۱۹). دباغ محمدی‌نسب و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی الگوهای مختلف کاشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*) و ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*) گزارش کردند که بیشترین مجموع عملکرد علوفه با کاشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین پشته‌ها حاصل شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر آب مغناطیسی و الگوی کشت مخلوط سه گیاه ارزن، لوبیا و ماشک علوفه‌ای بر عملکرد گونه‌ها و بازده کشت مخلوط، آزمایشی در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرکج در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز، ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۶۷۶ متر با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵ دقیقه شمالی اجرا شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۴ تیمار بود. فاکتور اول تیمار آب آبیاری در دو سطح شامل آب معمولی و آب مغناطیسی با شدت ۴۲۰ میلی تسلا که در آزمایشات قبلی مورد تایید قرار گرفته بود (مافی ۲۰۱۴). فاکتور دوم سیستم کشت در هفت سطح شامل: کشت خالص گیاه ارزن، کشت خالص گیاه لوبیا، کشت خالص گیاه ماشک گل‌خوشه‌ای، کشت مخلوط ارزن و لوبیا با نسبت ۲:۱، کشت مخلوط ارزن و لوبیا با نسبت ۴:۱، کشت مخلوط ارزن و ماشک گل‌خوشه‌ای با نسبت ۲:۱ و کشت مخلوط ارزن و ماشک گل‌خوشه‌ای با نسبت ۴:۱ بود. ارزن به عنوان گیاه اصلی در کشت مخلوط و دو گونه لوبیا و ماشک به عنوان گیاه ثانوی با درجه اهمیت دوم به کشت مخلوط اضافه گردید. نسبت‌های مخلوط با در نظر گرفتن اهمیت گونه‌ها انتخاب گردید.

عملیات آماده‌سازی زمین از قبیل شخم و دیسک برای آزمایش‌های سال اول و دوم به ترتیب در اوایل بهار انجام شد و نسبت به کشت سه گونه ارزن، لوبیا و ماشک گل‌خوشه‌ای براساس الگوهای کشت خالص و مخلوط اقدام گردید. در این آزمایش مساحت زمین مورد استفاده ۱۰۰۰ مترمربع بوده و نحوه کاشت به صورت جوی و پشته است. در هر پلات طول پشته سه متر و فاصله بین دو پشته ۶۵ سانتی‌متر بود. تراکم مورد استفاده برای گونه‌های لوبیا، ارزن و ماشک علوفه‌ای بترتیب معادل ۱۵، ۶۰ و ۳۰ بوته در متر مربع بود. در این آزمایش تولید آب مغناطیسی برای

تیمارهای مورد نظر با استفاده از میدان مغناطیسی در محل خروج آب از شیر برداشت اصلی که توسط آهن-ربایی با شدت ۴۳۰ میلی تسلا که در آزمایشات قبلی مورد تایید قرار گرفته بود (مافی ۲۰۱۴) ایجاد گردید. آبیاری در هر پلات با توجه به شرایط محیطی و دما هر چهار الی هفت روز انجام و کنترل علفهای هرز در تیمارها، دو مرتبه و با دست در طول فصل رشد انجام گرفت. جهت تعیین میزان تأثیر تیمارهای اجرا شده، صفات مورد ارزیابی گیاه ارزن شامل: تعداد پنبه در بوته، تعداد برگ در بوته، قطر ساقه اصلی، عملکرد دانه، شاخص کلروفیل برگ و بیوماس کل بود. صفات مورد ارزیابی در گیاهان ماشک و لوبیا به ترتیب شامل عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه بودند. معیارهای ارزیابی کشت مخلوط نیز محاسبه شد.

برای ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شاخص‌های زیر محاسبه گردید:

۱) نسبت برابر زمین (LER):

شاخص نسبت برابر زمین با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (ویلی ۱۹۷۹):

$$1) LER = (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb)$$

در این فرمول  $Yab$  و  $Yba$  به ترتیب عملکرد گونه-های  $a$  و  $b$  در کشت مخلوط و  $Yaa$  و  $Ybb$  به ترتیب عملکرد هر یک از گونه‌های  $a$  و  $b$  در کشت خالص می‌باشند.

۲) کاهش یا افزایش عملکرد واقعی ( $AYL$ ):

شاخص کاهش یا افزایش عملکرد واقعی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (ژیما و همکاران ۲۰۰۷):

$$2) AYL_a = (Y_{ai}/Z_{ai}) / ((Y_a/Z_a)-1) \text{ and } AYL_b = (Y_{bi}/Z_{bi}) / ((Y_b/Z_b)-1)$$

$$2) AYL = AYL_a + AYL_b$$

شاخص کاهش یا افزایش عملکرد واقعی می‌تواند مثبت یا منفی باشد. اگر مثبت باشد آن گونه غالب است و اگر منفی باشد، یعنی آن گونه مغلوب است. اگر صفر باشد یعنی قدرت رقابت دو گونه یکسان بوده است.

۳) مجموع ارزش نسبی ( $RVT$ ):

<sup>1</sup> Land Equivalent Ratio

<sup>2</sup> Actual Yields Loss

نتایج تجزیه واریانس مرکب در جدول ۱ آمده است. در این تجزیه، آبیاری و کشت به عنوان فاکتور ثابت و سال به عنوان فاکتور تصادفی آزمایشی در نظر گرفته شد و آزمون فرض معنی‌دار بودن تفاوت حقیقی بین ارقام بر مبنای امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییر مختلف انجام شد. با توجه به نتایج حاصل (جدول ۱) از تجزیه واریانس اثر سال برای صفات عملکرد دانه ارزن در سطح احتمال یک درصد و بیوماس کل ارزن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر آبیاری برای تمامی صفات مورد مطالعه ارزن، ماشک و لوبیا معنی‌دار گردید. اثر اصلی کشت برای همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سال در کشت فقط برای صفت تعداد برگ در بوته ارزن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل آبیاری در کشت برای صفات عملکرد دانه ارزن، بیوماس ارزن، عملکرد علوفه خشک ماشک گل خوشه‌ای و عملکرد دانه لوبیا در سطح احتمال یک درصد و صفت شاخص کلروفیل و شاخص برداشت ارزن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱ و جدول ۳) اثر سال برای صفت عملکرد دانه ارزن می‌توان بیان کرد که عملکرد دانه در سال دوم بیشتر از سال اول بوده است. همچنین از نظر صفت بیوماس کل ارزن، سال دوم بیشتر از سال اول بود. به این مفهوم که دو سال زراعی اثر یکسانی بر روی صفات مذکور نداشتند یا به عبارت دیگر تغییر در میزان این صفات در دو سال معنی‌دار بوده است.

شاخص مجموع ارزش نسبی از طریق معادله زیر محاسبه گردید (وندرمیر ۱۹۸۹):

$$3) RVT = (aP_1 + bP_2)/aM_1$$

در این رابطه  $P_1$  و  $P_2$  به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در کشت مخلوط و  $M_1$  عملکرد گونه اول در کشت خالص و  $a$  و  $b$  به ترتیب قیمت گونه اول و گونه دوم می‌باشد. قیمت ارزن، علوفه ماشک و لوبیا به ترتیب برابر با ۸۰۰۰۰، ۴۸۰۰۰ و ۸۰۰۰ تومان در نظر گرفته شد. اگر  $RVT$  بیشتر از یک باشد، کشت مخلوط از مزیت برخوردار است ولی اگر  $LER$  کوچکتر از یک باشد، محاسبه  $RVT$  ضرورتی ندارد.

برای تعیین شاخص برداشت  $(HI)^2$  در گیاهان زراعی دانه‌ای، نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک کل قسمت‌های هوایی بصورت درصدی محاسبه می‌شود  $HI = (EY/BY) * 100$  (۲۰۱۴).

$EY$  عملکرد اقتصادی و  $BY$  عملکرد بیولوژیکی است.

مزیت کشت مخلوط  $(IA)^5$  کشت مخلوط از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$IA = [(Pa/Pa + Pb) \times AYLb] + [(Pb/Pa + Pb) \times AYL a]$$

$$Pa = \text{قیمت واحد محصول } a$$

$$Pb = \text{قیمت واحد محصول } b$$

$$AYL a = \text{کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء } a$$

$$AYL b = \text{کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء } b$$

پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر مبنای طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار Spss انجام شد. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، تست نرمال بودن و یکنواختی واریانس‌ها انجام گردید. رسم نمودارها نیز با کمک نرم افزار Excel انجام شد.

## نتایج و بحث

<sup>3</sup> Relative Value Total

---

<sup>4</sup> Intercropping Advantage

<sup>5</sup> Harvest Index

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای ارزیابی صفات مورد مطالعه ارزن

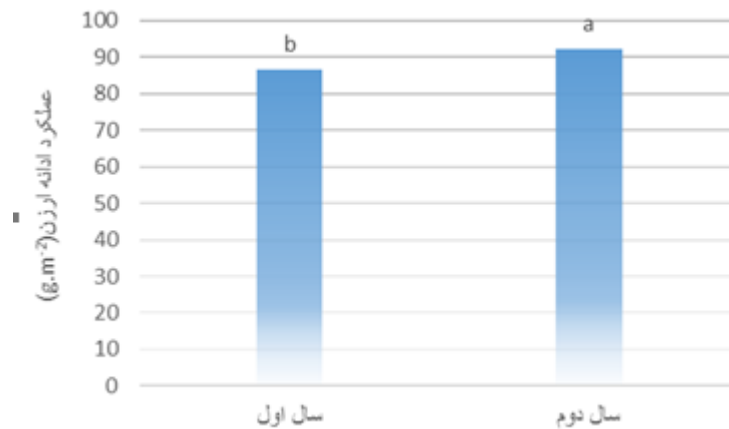
میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	بیوماس کل	تعداد برگ در بوته	قطر ساقه اصلی	تعداد پنجه	شاخص کلروفیل	شاخص برداشت
سال Y	۱	۴۷۵/۴۵**	۲۱۹۳۳/۳۲*	۰/۷۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۸۱۷ <sup>ns</sup>	۱۳/۰۴ <sup>ns</sup>	۱۲/۰۵ <sup>ns</sup>
تکرار/ سال RY	۴	۱۶/۱۴	۱۴۷۸/۵۵	۲/۳۳	۰/۱۶	۲/۷۳	۱۹/۱۱	۲۲/۵۶
آبیاری W	۱	۴۰۷۳۰/۷۴**	۱۱۵۶/۱۳*	۸۴/۰۲**	۳۶/۰۴**	۶۶/۵۱**	۳۶۶/۱۵**	۱۳۵۲/۱۶**
کشت S	۴	۲۵۹۶/۶**	۱۵۵۱/۸۷*	۳/۱۸**	۲/۳۲**	۸/۵**	۳۷/۵۵**	۳۲/۳۷**
سال × آبیاری	۱	۴۱/۷۷ <sup>ns</sup>	۴۰۳۲/۹۲ <sup>ns</sup>	۰/۷۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۳/۳۳ <sup>ns</sup>	۴/۹۱ <sup>ns</sup>
سال × کشت	۴	۷/۰۷ <sup>ns</sup>	۵۵۷/۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۹۳*	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۷۳۳	۲/۹۷ <sup>ns</sup>	۳/۷۲ <sup>ns</sup>
آبیاری × کشت	۴	۲۲۲/۷**	۳۴۱۶۰/۰۸**	۰/۷۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۸۳ <sup>ns</sup>	۴/۱۵*	۶/۳۹*
آبیاری × کشت × سال	۴	۱۵/۱۶ <sup>ns</sup>	۵۲۸/۴۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۹۹۴ <sup>ns</sup>
خطا	۳۶	۴۱/۱۵	۱۵۰۵/۶۵	۰/۲۹۶	۰/۱۲۱	۰/۳۸۱	۱/۳۶۱	۰/۴۹۳
ضریب تغییرات (%)		۳/۲	۱۸/۹۹	۸/۴۴	۷/۹۴	۷/۰۳	۷/۱۸	۹/۲

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی داری می باشد

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای ارزیابی صفات مورد مطالعه ماشک و لوبیا

میانگین مربعات			منابع تغییر
عملکرد خشک ماشک	درجه آزادی	عملکرد دانه لوبیا	
۰/۰۰۴۴ <sup>ns</sup>	۱	۵۳۲/۰۶ <sup>ns</sup>	سال Y
۰/۰۰۰۷۵	۴	۲۳۲/۹۶	RY تکرار/ سال
۰/۱۱**	۱	۴۱۲۹۷/۷**	W آبیاری
۰/۲۲۵**	۲	۱۱۸۳۴۲/۵۵**	S کشت
۰/۰۰۰۵۴ <sup>ns</sup>	۱	۹۷/۸ <sup>ns</sup>	سال × آبیاری
۰/۰۰۰۳۷ <sup>ns</sup>	۲	۱۱۰/۰۳ <sup>ns</sup>	سال × کشت
۰/۰۱۷**	۲	۶۳۷۲/۶۷**	آبیاری × کشت
۰/۰۰۰۴۵ <sup>ns</sup>	۲	۷/۷ <sup>ns</sup>	آبیاری × کشت × سال
۰/۰۰۱۱	۲۰	۱۸۳/۴۳	خطا
۱۴/۵۵		۱۱/۰۴	ضریب تغییرات (%)

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی داری می باشد



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارزن در طی دو سال آزمایش با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

مغناطیسی را در قالب سه تیمار آبیاری معمولی، آب بازیافتی و آب شور، روی عملکرد گیاهان نخود، کرفس و لوبیا در شرایط کشت گلخانه ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که آب مغناطیسی در تیمار آب بازیافتی و شوری، محصول کرفس را ۱۲ و ۲۳ درصد افزایش داد. در لوبیا نیز افزایش عملکرد محصول بدون تاثیر معنی دار در هر سه تیمار آب مغناطیسی مشاهده گردید. با اعمال میدان مغناطیسی، عملکرد گیاه سویا نیز نسبت به شرایط معمولی، افزایش معنی داری یافته است. این راهکار می تواند نقش مهمی در مدیریت آب در مزرعه به خصوص در مناطق خشک ایفا نماید. همچنین با استفاده از آب مغناطیسی، به دلیل جذب بهتر عناصر غذایی موجود در خاک، می توان کودها، مکمل-های شیمیایی و میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش داده و باعث سلامت غذا و محیط زیست شد (قدری و همکاران ۲۰۱۶).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال برای صفت بیوماس کل ارزن با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

بیوماس کل (g.m <sup>-2</sup> )	سال
۵۳۲/۲۴ <sup>b</sup>	سال اول
۵۷۰/۴۸ <sup>a</sup>	سال دوم

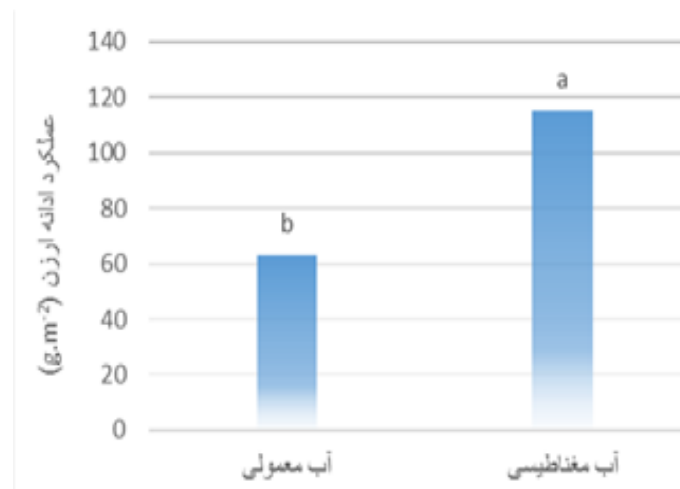
بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ۴)، سطح دوم آبیاری (آبیاری با آب مغناطیسی) از نظر صفات قطر ساقه اصلی، تعداد پنجه، شاخص کلروفیل، شاخص برداشت، عملکرد دانه (شکل ۲) و بیوماس کل در گیاه ارزن، بیشترین تاثیر معنی دار را داشت و آبیاری با آب مغناطیسی باعث افزایش صفات مورد ارزیابی شده است. شکل ۳ و ۴ نشان می دهد در گیاهان ماشک و لوبیا نیز سطح دوم آبیاری تاثیر معنی داری بر روی عملکرد خشک ماشک و عملکرد دانه لوبیا داشته است. ماهشواری و گریول (۲۰۰۹) تاثیر میدان

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ارزن در دو تیمار آب معمولی و مغناطیسی

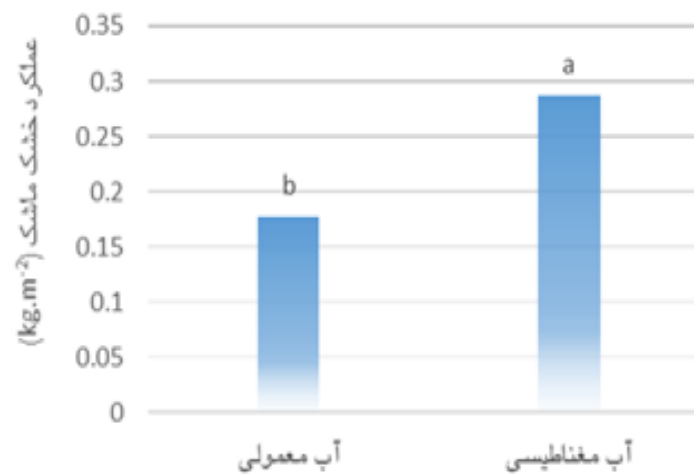
تیمار آب	قطر ساقه اصلی (mm)	تعداد پنجه	تعداد برگ در بوته	شاخص کلروفیل (SPAD)	بیوماس کل (g.m <sup>-2</sup> )	شاخص برداشت (%)
آب معمولی	۳/۳۵ <sup>b</sup>	۲/۲ <sup>b</sup>	۵/۶۷ <sup>b</sup>	۳۳/۹ <sup>b</sup>	۴۱۵/۰۱ <sup>b</sup>	۱۳/۶۳ <sup>b</sup>
آب مغناطیسی	۴/۹ <sup>a</sup>	۴/۳ <sup>a</sup>	۸/۰۳ <sup>a</sup>	۳۸/۸۴ <sup>a</sup>	۶۸۷/۷۲ <sup>a</sup>	۱۵/۱۷ <sup>a</sup>

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند

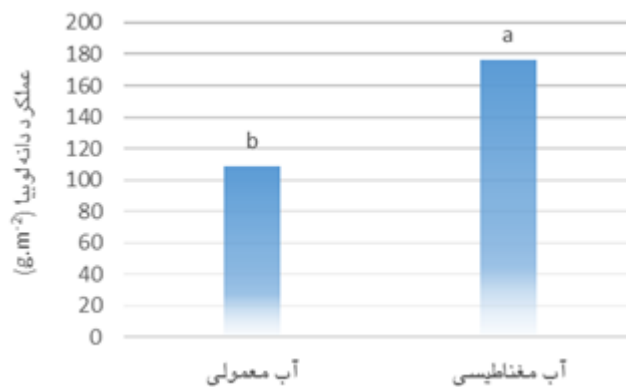




شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارزن در دو تیمار آب معمولی و مغناطیسی با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد خشک ماشک در دو تیمار آب معمولی و مغناطیسی با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا در دو تیمار آب معمولی و مغناطیسی با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

خالص ارزن داشتند. کشت مخلوط ارزن- ماشک ۴:۱ نیز بعد از کشت‌های مخلوط ذکر شده شاخص کلروفیل بیشتری نسبت به کشت خالص ارزن داشت. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای صفت بیوماس کل، سیستم کشت خالص بیشترین میزان را نشان داد. سیستم کشت مخلوط با نسبت‌های ۴:۱ بعد از کشت خالص بیشترین میزان بیوماس را داشتند. کمترین میزان بیوماس مربوط به سیستم کشت مخلوط ارزن- ماشک با نسبت ۲:۱ است. بیشترین شاخص برداشت مربوط به کشت مخلوط ارزن ماشک ۲:۱ به مقدار ۲۲/۸۸ درصد بود (جدول ۵) و این میزان برای کشت خالص و دیگر کشت‌های مخلوط اختلاف معنی داری نشان نداد. که دلیل آن افزایش عملکرد دانه در کشت مخلوط با ماشک می‌تواند باشد. شاخص برداشت دلالت بر میزان بیوماس گیاهی تخصیص یافته به دانه دارد، بنابراین معیار مناسبی برای میزان تقسیم ذخایر بین ساختار رویشی و زایشی است. همچنین افزایش تخصیص مواد به بخش قابل برداشت را عامل افزایش شاخص برداشت در کشت مخلوط می‌دانند (ویلی ۱۹۹۰).

با توجه به جدول ۵، کشت‌های مخلوط ارزن- لوبیا ۲:۱، ارزن- ماشک ۲:۱ و ارزن لوبیا ۴:۱ به ترتیب بیشترین قطر ساقه اصلی را نسبت به کشت خالص گیاه ارزن داشتند. همچنین در کشت مخلوط ارزن- ماشک ۴:۱ کمترین قطر ساقه اصلی نسبت به کشت‌های مخلوط ذکر شده مشاهده گردید، اما با این وجود هم نسبت به کشت خالص ارزن، از قطر ساقه اصلی بیشتری برخوردار است. کشت مخلوط ارزن- لوبیا ۲:۱ و ارزن- ماشک ۲:۱ به ترتیب بیشترین تعداد برگ در بوته را داشتند. تعداد برگ در بوته در کشت‌های مخلوط ارزن- لوبیا ۴:۱ و ارزن- ماشک ۴:۱ با کشت خالص ارزن، هیچ تفاوت معنی‌داری نداشتند. از نظر تعداد پنجه، کشت مخلوط ارزن- لوبیا ۲:۱ بیشترین پنجه‌زنی را نسبت به سایر کشت‌های مخلوط و کشت خالص ارزن داشته است. کشت ارزن ماشک ۴:۱ با کشت خالص ارزن از نظر تعداد پنجه تفاوت معنی‌داری نداشت. کشت‌های مخلوط ارزن- لوبیا ۴:۱ و ارزن- ماشک ۲:۱ بعد از کشت مخلوط ارزن- لوبیا ۲:۱ بیشترین تعداد پنجه‌زنی را داشتند. از نظر شاخص کلروفیل، کشت‌های مخلوط ارزن- لوبیا ۲:۱، ارزن- ماشک ۲:۱ و ارزن- لوبیا ۴:۱ به ترتیب بیشترین شاخص کلروفیل را نسبت به کشت

جدول ۵- مقایسه میانگین سیستم کشت برای صفات مورد مطالعه ارزن

سیستم کشت	تعداد برگ در بوته	قطر ساقه اصلی (mm)	تعداد پنجه	شاخص کلروفیل (Spad)	بیوماس کل (g.m <sup>-2</sup> )	شاخص برداشت (%)
خالص	۶/۵ <sup>b</sup>	۲/۵ <sup>c</sup>	۲/۳۳ <sup>c</sup>	۳۲/۸۳ <sup>c</sup>	۶۹۴/۶۳ <sup>a</sup>	۲۰/۱۳ <sup>b</sup>
مخلوط ۲:۱ با ماشک	۷/۱۷ <sup>a</sup>	۴/۴۵ <sup>a</sup>	۳/۷۵ <sup>b</sup>	۳۷/۵۸ <sup>a</sup>	۴۱۵/۱۴ <sup>d</sup>	۲۲/۸۸ <sup>a</sup>
مخلوط ۴:۱ با ماشک	۶/۳۳ <sup>b</sup>	۳/۸۴ <sup>b</sup>	۲/۵ <sup>c</sup>	۳۵/۲۷ <sup>b</sup>	۵۸۳/۹۲ <sup>b</sup>	۲۰/۴۷ <sup>b</sup>
مخلوط ۲:۱ با لوبیا	۷/۵۸ <sup>a</sup>	۴/۵۴ <sup>a</sup>	۴/۳۳ <sup>a</sup>	۳۸/۰۸ <sup>a</sup>	۴۵۸/۰۷ <sup>c</sup>	۲۰/۹۸ <sup>b</sup>
مخلوط ۴:۱ با لوبیا	۶/۶۷ <sup>b</sup>	۴/۲۷ <sup>a</sup>	۳/۳۳ <sup>b</sup>	۳۷/۰۷ <sup>a</sup>	۶۰۵/۰۴ <sup>b</sup>	۲۰/۰۱ <sup>b</sup>

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

گیاه لوبیا و ماشک گل خوشه‌ای، کاهش عملکرد با درصد کمتر همراه بوده است.

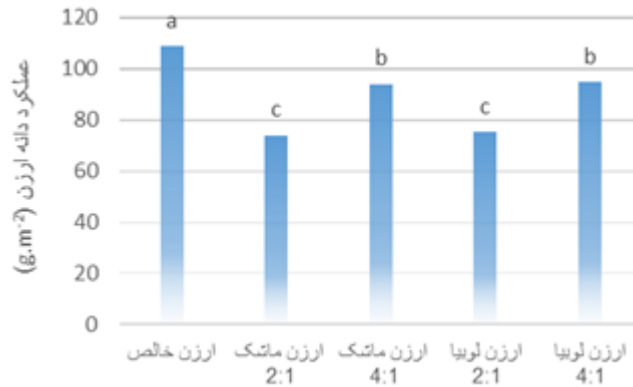
شکل ۶ نشان می‌دهد کشت مخلوط ماشک- ارزن ۴:۱، کمترین عملکرد خشک ماشک را نسبت به کشت خالص ماشک داشته است. کشت مخلوط ماشک- ارزن ۲:۱ نیز نسبت به کشت خالص ماشک، عملکرد خشک کمتری

از نظر عملکرد دانه ارزن کشت‌های مخلوط ارزن- لوبیا ۲:۱ و ارزن- ماشک ۲:۱ به ترتیب کمترین عملکرد دانه کل را نسبت به کشت خالص ارزن و کشت مخلوط با نسبت ۴:۱ داشتند. در رتبه بعدی کشت‌های مخلوط ارزن- لوبیا ۴:۱ و ارزن- ماشک ۴:۱ نیز به ترتیب نسبت به کشت ارزن خالص عملکرد دانه کمتری داشتند (شکل ۵). البته به دلیل مزایای کشت مخلوط ارزن با دو

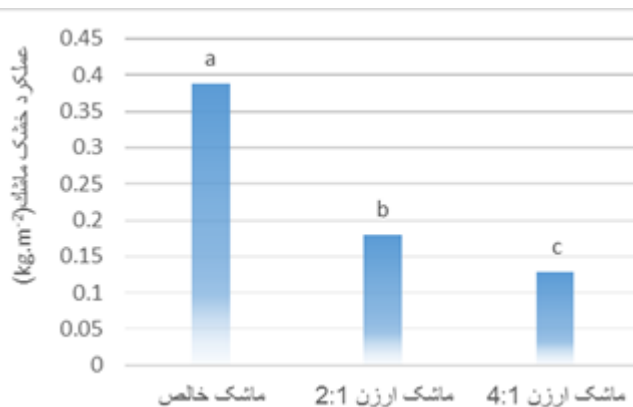
داشته است. کشت مخلوط لوبیا-ارزن ۲:۱ بعد از کشت مخلوط لوبیا-ارزن ۴:۱ کمترین عملکرد دانه را نسبت به کشت خالص لوبیا داشت.

داشت، ولی نسبت به کشت ۴:۱ از عملکرد بیشتری برخوردار بوده است.

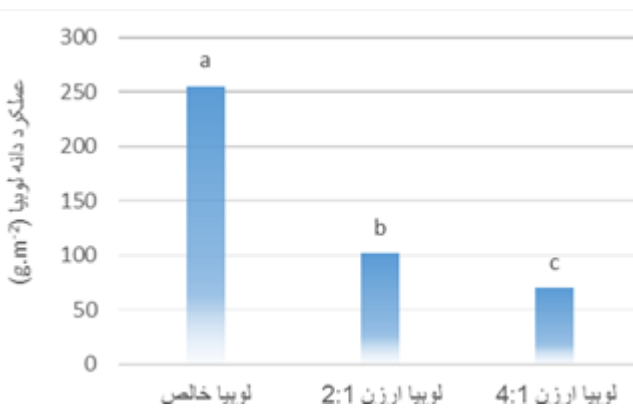
بر اساس شکل ۷ کشت مخلوط لوبیا - ارزن ۴:۱، کمترین عملکرد دانه را در مقایسه با کشت خالص لوبیا



شکل ۵-مقایسه میانگین عملکرد دانه ارزن در سیستم‌های مختلف کشت با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۶-مقایسه میانگین عملکرد خشک ماشک در سیستم‌های مختلف کشت با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۷-مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا در سیستم‌های مختلف کشت با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

دوم ارزن- لوبیا ۴:۱، سال دوم ارزن- ماشک ۴:۱، سال اول ارزن- ماشک ۴:۱ با کشت‌های خالص ارزن در سال اول و دوم تفاوت معنی‌داری نداشتند

بر اساس جدول ۶، سال دوم ارزن- لوبیا ۲:۱، سال اول ارزن- لوبیا ۲:۱ و سال اول ارزن- ماشک ۲:۱ بیشترین تعداد برگ در بوته را نسبت به سال اول و سال دوم کشت خالص ارزن داشتند. کشت‌های سال

جدول ۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × کشت برای تعداد برگ در بوته ارزن (آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد)

کشت	سال	سال اول	سال دوم
خالص	۶/۱۷ <sup>b</sup>	۶/۸۳ <sup>b</sup>	۶/۸۳ <sup>b</sup>
مخلوط ۲:۱ با ماشک	۷/۳۳ <sup>a</sup>	۷ <sup>ab</sup>	۷ <sup>ab</sup>
مخلوط ۴:۱ با ماشک	۶/۳۳ <sup>b</sup>	۶/۳۳ <sup>b</sup>	۶/۳۳ <sup>b</sup>
مخلوط ۲:۱ با لوبیا	۷/۳۳ <sup>a</sup>	۷/۸۳ <sup>a</sup>	۷/۸۳ <sup>a</sup>
مخلوط ۴:۱ با لوبیا	۷ <sup>ab</sup>	۶/۳۳ <sup>b</sup>	۶/۳۳ <sup>b</sup>

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

مغناطیسی بالاترین مقدار را نشان داد. در تیمار آبیاری با آب معمولی مقدار شاخص برداشت ارزن در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمار کشت خالص به طور معنی‌داری بالاتر بود و در تیمار آبیاری با آب مغناطیسی مقدار شاخص برداشت برای کشت خالص و کشت‌های مخلوط اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در مطالعه شریفی و همکاران (۲۰۲۰) تیمار آب مغناطیسی شاخص برداشت زیره سبز را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار آب معمولی افزایش داد که این افزایش با بهبود عملکرد اقتصادی حاصل گردید.

با توجه به جدول ۶ از نظر شاخص کلروفیل کشت‌های ارزن- لوبیا مغناطیسی ۲:۱، ارزن- ماشک مغناطیسی ۲:۱ و ارزن- لوبیا مغناطیسی ۴:۱ به ترتیب بیشترین شاخص کلروفیل را نسبت به ارزن خالص مغناطیسی داشتند. همچنین ارزن- ماشک ۲:۱، ارزن- لوبیا ۲:۱ و ارزن- لوبیا ۴:۱ با آب معمولی، نسبت به کشت خالص ارزن، میزان شاخص کلروفیل بیشتری داشتند. کمترین شاخص کلروفیل مربوط به کشت ارزن خالص معمولی بود. مقدار شاخص برداشت تحت تاثیر آبیاری با آب مغناطیسی قرار گرفت و این شاخص در تیمار آب

جدول ۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری آبیاری × کشت برای شاخص کلروفیل ارزن (آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد)

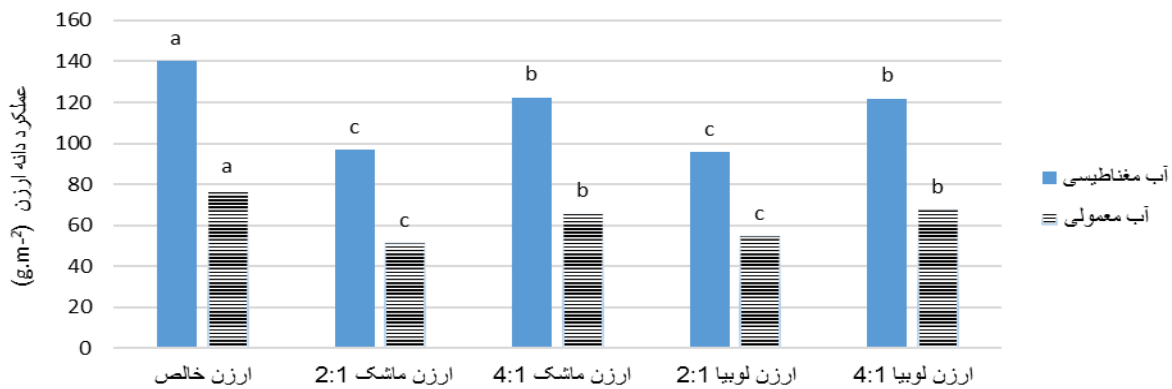
صفات	شاخص کلروفیل (Spad)	شاخص کلروفیل (Spad)	بیوماس کل (g.m <sup>-2</sup> )	بیوماس کل (g.m <sup>-2</sup> )	شاخص برداشت (%)	شاخص برداشت (%)
کشت	آب معمولی	آب مغناطیسی	آب معمولی	آب مغناطیسی	آب معمولی	آب مغناطیسی
خالص	۳۰/۴۶ <sup>c</sup>	۳۷/۲ <sup>c</sup>	۴۷۵/۶۳ <sup>a</sup>	۹۱۳/۶۵ <sup>a</sup>	۲۰/۱۶ <sup>b</sup>	۱۰/۸۶ <sup>c</sup>
مخلوط ۲:۱ با ماشک	۳۵/۶۸ <sup>a</sup>	۳۹/۴۸ <sup>ab</sup>	۲۲۲/۳۵ <sup>c</sup>	۵۰۶/۹۲ <sup>c</sup>	۲۲/۸۸ <sup>b</sup>	۱۲/۵۸ <sup>a</sup>
مخلوط ۴:۱ با ماشک	۳۲/۶ <sup>b</sup>	۳۷/۹۵ <sup>bc</sup>	۴۳۵/۹۵ <sup>a</sup>	۷۳۱/۹ <sup>b</sup>	۲۰/۶ <sup>b</sup>	۱۱/۶ <sup>b</sup>
مخلوط ۲:۱ با لوبیا	۳۵/۶۸ <sup>a</sup>	۴۰/۴۸ <sup>a</sup>	۳۷۱/۰۳ <sup>b</sup>	۵۴۵/۱ <sup>c</sup>	۲۰/۹۸ <sup>b</sup>	۱۲/۰۸ <sup>a</sup>
مخلوط ۴:۱ با لوبیا	۳۵/۰۶ <sup>a</sup>	۳۹/۰۸ <sup>abc</sup>	۴۶۹/۰۶ <sup>a</sup>	۷۴۱/۰۲ <sup>b</sup>	۲۰/۰۶ <sup>b</sup>	۱۱/۵۶ <sup>b</sup>

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

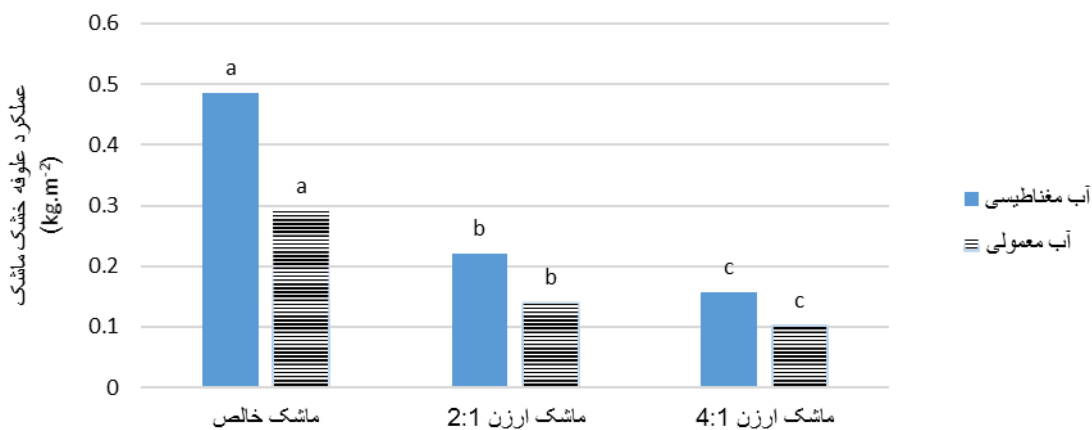
خالص، کشت مخلوط ارزن با لوبیا و ماشک در نسبت ۴:۱ دارای بیشترین میزان عملکرد دانه ارزن در هر دو سطح آبیاری بودند. بر اساس شکل ۹ بیشترین عملکرد علوفه خشک در هر دو سطح آبیاری مربوط به کشت خالص ماشک بود. کشت مخلوط ارزن - ماشک با نسبت ۲:۱ بعد از کشت خالص دارای بیشترین میزان عملکرد خشک بوده است. کمترین میزان عملکرد در هر دو نوع آبیاری، مربوط به کشت مخلوط ارزن - ماشک با نسبت ۴:۱ بود.

در بررسی صفت بیوماس در سطح آبیاری معمولی، سیستم کشت خالص ارزن، مخلوط ارزن - ماشک و مخلوط ارزن - لوبیا با نسبت ۴:۱ دارای بیشترین میزان بیوماس بودند. در سطح آبیاری با آب مغناطیسی، بیشترین میزان بیوماس مربوط به کشت خالص بوده است.

شکل ۸ نشان می‌دهد آبیاری با آب مغناطیسی در همه سطوح سیستم کشت باعث افزایش عملکرد دانه ارزن شده است. همچنین کشت خالص ارزن بیشترین عملکرد را در هر دو سطح آبیاری داشت. بعد از کشت



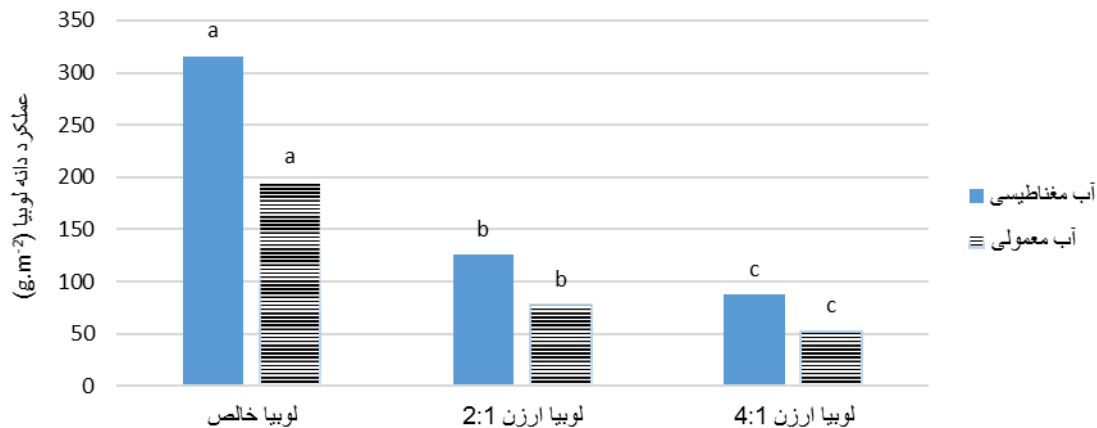
شکل ۸- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری آبیاری × کشت برای عملکرد دانه ارزن با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۹- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری آبیاری × کشت برای عملکرد علوفه خشک ماشک با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

نسبت به آبیاری با آب معمولی از عملکرد دانه بیشتر و معنی‌داری برخوردار بوده است. در هر سه کشت خالص، مخلوط با نسبت ۲:۱ و کشت مخلوط با نسبت ۴:۱ کاربرد آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی باعث افزایش عملکرد دانه لوبیا شده است.

شکل ۱۰ نشان می‌دهد کشت لوبیا-ارزن ۲:۱ با آبیاری مغناطیسی، بیشترین عملکرد دانه لوبیا را بعد از کشت خالص لوبیا در هر دو آبیاری مغناطیسی و معمولی داشته و کشت خالص لوبیا بیشترین عملکرد را در هر دو سطح آبیاری داشته است. آبیاری با آب مغناطیسی



شکل-۱۰ مقایسه میانگین ترکیبات تیماری آبیاری × کشت برای عملکرد دانه لوبیا با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

#### شاخص‌های کشت مخلوط

با توجه به نتایج حاصل از شاخص‌های کشت مخلوط (جدول ۷)، شاخص LER در سال اول و دوم، آبیاری با آب معمولی و آبیاری با آب مغناطیسی مقدار عددی بیشتر از یک داشتند. یعنی کشت مخلوط ارزن با لوبیا و ماشک در نسبت‌های ۲:۱ و ۴:۱ دارای مزیت بوده و باعث افزایش عملکرد نسبت به کشت خالص شده است. بیشترین میزان شاخص LER در کشت مخلوط ارزن با ماشک در نسبت ۴:۱ بود. شاخص AYT<sub>a</sub> (افزایش عملکرد واقعی ارزن) در کشت مخلوط ارزن-ماشک با نسبت ۲:۱ کمترین میزان را داشت. این نشان می‌دهد ارزن در کشت مخلوط با ماشک در نسبت ۲:۱ دچار افزایش عملکرد خیلی کمی شده است. نتایج همین شاخص (AYT<sub>b</sub>) در مورد لوبیا و ماشک نشان می‌دهد در کشت مخلوط ارزن با لوبیا و ماشک در نسبت ۴:۱ با افزایش قابل توجه عملکرد لوبیا و ماشک همراه بوده است. شاخص AYT در دو سال و دو سطح آبیاری نشان می‌دهد که کشت مخلوط ارزن با دو گیاه لوبیا و ماشک در دو سطح آبیاری معمولی و مغناطیسی با افزایش عملکرد مواجه بود. از نظر شاخص RVT کشت مخلوط ارزن با هر دو گیاه ماشک و لوبیا بهتر بوده و به کشت مخلوط توصیه می‌شود. کشت مخلوط ارزن-لوبیا با نسبت ۲:۱ عملکرد بهتری در مقایسه با نسبت ۴:۱ داشت، احتمالاً این برتری به دلیل نسبت کاشت

بالاتر لوبیا در نسبت ۲:۱ بوده است. شاخص RVT ارزن-ماشک با نسبت ۲:۱ نسبت به ارزن-ماشک ۴:۱ بیشتر بوده، و این به دلیل عملکرد بالای لوبیا در این نسبت می‌باشد. شاخص مزیت مخلوط (IA) برای نسبت‌های مختلف کشت مخلوط تحت تیمار آبیاری با آب مغناطیسی بیشتر از تیمار آب معمولی بود، که علت آن رشد بهتر گیاهان تحت تیمار آب مغناطیسی می‌تواند باشد. بالاترین مقدار این شاخص در کشت مخلوط ارزن و ماشک ۴:۱ با تیمار آبیاری آب مغناطیسی و کمترین مقدار ارزن و لوبیا ۲:۱ در تیمار آب معمولی بدست آمد (جدول ۷). برخی محققین علت بالا رفتن شاخص مزیت مخلوط را استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی معرفی کرده‌اند (لیتورژید و همکاران ۲۰۱۱) با توجه به این که نیتروژن یکی از منابع اساسی رشد گیاه می‌باشد، به نظر می‌رسد در سطوح آبیاری مغناطیسی، تثبیت وانتقال ازت از گیاه ماشک (لگوم‌ها) به ارزن بهتر صورت گرفته است و سبب افزایش سودمندی مخلوط نسبت به تک‌کشتی شده است (احمدی و همکاران ۲۰۱۰).

جدول ۷- شاخص‌های کشت مخلوط ارزن، لوبیا و ماشک برای صفت عملکرد

شاخص کشت مخلوط	کشت مخلوط	سال اول	سال دوم	آب معمولی	آب مغناطیسی
LER	ارزن و ماشک ۲:۱	۱/۱۴	۱/۱۵	۱/۱۴	۱/۱۴۵
	ارزن و ماشک ۴:۱	۱/۱۹۶	۱/۲	۱/۲	۱/۱۹۷
	ارزن و لوبیا ۲:۱	۱/۰۹	۱/۰۸	۱/۱	۱/۰۸
	ارزن و لوبیا ۴:۱	۱/۱۵۶	۱/۱۳	۱/۱۴	۱/۱۴
AYL	ارزن و ماشک ۲:۱	۰/۰۲	۰/۰۴۲	۰/۰۰۲	۰/۰۴۷
	ارزن و ماشک ۴:۱	۰/۰۸۲	۰/۰۸	۰/۰۶۱	۰/۰۹۲
	ارزن و لوبیا ۲:۱	۰/۰۴۲	۰/۰۴۹	۰/۰۶۶	۰/۰۳۵
	ارزن و لوبیا ۴:۱	۰/۱۰۶	۰/۰۷۰	۰/۰۸۹	۰/۰۸۷
AYLb	ارزن و ماشک ۲:۱	۰/۴۰۸	۰/۴۰۶	۰/۴۶۲	۰/۳۷۴
	ارزن و ماشک ۴:۱	۰/۶۴۸	۰/۶۹۱	۰/۷۸۵	۰/۶۱۸
	ارزن و لوبیا ۲:۱	۰/۲۲۲	۰/۱۹۰	۰/۲۰۲	۰/۲۰۷
	ارزن و لوبیا ۴:۱	۰/۳۵۳	۰/۳۸۱	۰/۳۴۶	۰/۳۸۰
AYL	ارزن و ماشک ۲:۱	۰/۴۲۸	۰/۴۴۸	۰/۴۶۵	۰/۴۲۲
	ارزن و ماشک ۴:۱	۰/۷۳۱	۰/۷۷۱	۰/۸۲	۰/۷۱۱
	ارزن و لوبیا ۲:۱	۰/۲۶۵	۰/۲۴	۰/۲۶۸	۰/۲۴۳
	ارزن و لوبیا ۴:۱	۰/۴۶۰	۰/۴۵۲	۰/۴۳۶	۰/۴۶۷
RVT	ارزن و ماشک ۲:۱	۱/۹۸	۲/۰۳	۲/۱۰	۱/۹۵
	ارزن و ماشک ۴:۱	۱/۷۹	۱/۸۴	۱/۹۰	۱/۷۷
	ارزن و لوبیا ۲:۱	۵/۲۶	۵/۱۰	۵/۵۱	۴/۹۹
	ارزن و لوبیا ۴:۱	۳/۹۶	۳/۹۶	۴/۱۳	۳/۸۶
IA	ارزن و ماشک ۲:۱	۱۷۹۲۶	۱۸۱۸۱	۱۵۰۳۲	۱۸۵۲۳
	ارزن و ماشک ۴:۱	۱۸۰۵۴	۱۸۳۴۲	۱۶۷۹۳	۱۹۲۴۷
	ارزن و لوبیا ۲:۱	۱۶۷۲۳	۱۶۴۶۳	۱۳۰۴۸	۱۶۲۱۴
	ارزن و لوبیا ۴:۱	۱۵۸۳۷	۱۵۴۸۱	۱۴۲۷۳	۱۶۹۸۱

**نتیجه‌گیری**

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر سال برای صفات عملکرد دانه و عملکرد بیوماس ارزن معنی‌دار بوده است. اثر آبیاری و کشت برای همه صفات مورد ارزیابی ارزن و لوبیا و ماشک معنی‌دار بود. اثر متقابل سال در کشت برای صفت تعداد برگ در بوته ارزن معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین اثر سال برای تمام صفات نشان داد که سال دوم برتر از سال اول بود. همچنین در بررسی اثر آبیاری در تمام صفات می‌توان نتیجه گرفت آبیاری با آب مغناطیسی منجر به بهتر شدن صفات گردیده است. نتایج مقایسه میانگین اثر کشت برای همه صفات نیز نشان داد که کشت مخلوط ارزن- لوبیا و ارزن- ماشک با نسبت ۲:۱ نسبت به کشت خالص برتری نسبی داشتند. بدین مفهوم که با کاهش نسبت کاشت هر گیاهی در کشت مخلوط باعث کاهش عملکرد به همان نسبت نشده است. با توجه به

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های کشت مخلوط می‌توان بیان کرد که عملکرد گیاهان در کشت مخلوط افزایش نسبی داشته و نسبت به تک کشتی بهتر بودند. در مجموع مزایای عملکردی و درآمدی کشت مخلوط با نسبت ۲ ردیف ارزن و یک ردیف لوبیا از نظر شاخص‌های زراعی و اقتصادی و توصیه عملی برای کشاورزان به عنوان الگوی مناسب کشت مخلوط معرفی می‌گردد.

**سپاسگزاری**

بدین وسیله از همکاری مرکز تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، مزرعه تحقیقاتی، آزمایشگاه تغذیه و علوم دامی و خصوصاً از جناب دکتر جاوید عمارت پرداز بخاطر همکاری صمیمانه در اجرای این پژوهش قدردانی و تشکر می‌گردد.

**منابع مورد استفاده**

- Ahmadi A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, ZehtabSalmasi S, Amini R and Janmohammadi H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(2): 76-87. (In Persian).
- Akunda EM. 2001. Intercropping and population density effects on yield component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. *The Journal of Food Technology in Africa*, 6: 96– 100.
- Banik P, Midya A, Sarkar BK, Ghose SS. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24(4):325-332.
- Dabbagh Mohammadi Nasab A, Javanmard A and Arzheh J. 2017. Forage production in different intercropping patterns of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with hairy vetch (*Vicia villosa*) in nitrogen fertilizer levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(1): 63-83. (In Persian).
- Fenández-Aparicio M, Sillero JC and Rubiales D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop protection*, 26(8):1166-1172.
- Ghadami- Firuzabadi A, Khoshravesh M, Shirazi P. and Zare- Abyaneh H. 2016. Effect of Irrigation with Magnetized Water on the Yield and Biomass of Soybean var. DPX under Water Deficit and Salinity Stress. *Journal of Water Research in Agriculture*, 1(1): 131-143.
- Iqbal MA, Hamid A, Ahmad T, Siddiqui MH, Hussain I, Ali S, Ali A and Ahmad Z. 2019. Forage sorghum legumes intercropping: Effect on growth, yields, nutritional quality and economic returns. *Bragantia*, 78(1): 82-95.
- Kiatgamjorn P, Khan-ngren W and Nitta S. 2002. The effect of electric field on bean sprouts growing. *ICEMC*, 1-4.
- Kordas L. 2002. The effect of magnetic field on growth, development and the yield of spring wheat. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(5): 527-530.



- Leather Wood W R. 2005. Influence of salt stress on germination, root elongation and carbohydrate content of five salt tolerant and sensitive taxa. MSc. Thesis, Department of Horticultural Science, North Carolina State University.
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordasc CA and Damalas, CA. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.
- Maffei ME. 2014. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 5: 445.
- Maheshwari BL, Grewal HS. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural water management*, 96(8):1229-36.
- Nashir SH. 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. *Engineering and Technology*, 26(9): 16-20.
- Neugschwandtner R and Kaul PH. 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. *Field Crops Research*, 155: 159–163.
- Norouzi M, masji M and Mahrani M. 1999. Use of saline and brackish waters for irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage.
- Sharifi1 M, Dabbag Mohammadi Nassab A, Shakiba MR and Yarnia. M. 2020. Evaluation of Grain and Essential Oil Yield of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Using of Penegetic, Chemical Fertilizers and Magnetic Water. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(1):143-153.
- Stuart PN. 1990. The Forage Book Pacific Seeds. Toowoomba, Australia Intercropping. *Biaban* 2: 250-263. (In Persian).
- Vandermeer J. 1990. Intercropping. In *Agroecology*, Mc Graw – Hill publishing Co.
- Willey RW. 1979. Intercropping-its importance and research needs part-1 competition and yield advantages *Field Crops Res*, 32: 1-10.
- Willey RW. 1990. Resource use in intercropping system. *Journal of Agriculture and Water Management*, 17: 215-231.