نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۹۷
۱۵۱-۱۶۷
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:

ارزیابی سری جایگزینی کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus*) و دو رقم ارزن (*Panicum miliaceum*) بر برخی ویژگی‌های عملکرد کمی و کیفی علوفه

سمیه بدخشان[۱]، *مهدیه امیری‌نژاد[۲]، عنایت‌الله توحیدی‌نژاد[۳] و بهاره پارسامطلق[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی دانشگاه جیرفت، [۲]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه جیرفت،
[۳]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: یکی از راهکارهای مؤثر در جهت حصول پایداری تولید با نهاده کم، افزایش تنوع نظام‌های کشت از طریق کشت مخلوط است. در این نظام‌ها، دو یا چند گیاه در یک زمان و مکان به‌منظور افزایش کارآیی استفاده از منابع، کشت می‌شود. براساس نتایج، کشت مخلوط، بهبود ویژگی‌های کمی و کیفیت علوفه را به‌دنبال خواهد داشت. هدف از این بررسی، تعیین کمیت و کیفیت علوفه لوبیاتپاری، علوفه دو رقم ارزن و علوفه کل حاصل از کشت مخلوط سری جایگزینی این دو گیاه نسبت به کشت خالص است.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه جیرفت، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیب لوبیاتپاری و دو رقم ارزن پیشاهنگ و باستان و نسبت‌های اختلاط کشت مخلوط جایگزینی (۷۵ : ۲۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان، ۵۰ :۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان، ۲۵: ۷۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان، کشت خالص لوبیاتپاری، کشت خالص ارزن باستان و همین نسبت‌های اختلاط لوبیاتپاری با ارزن پیشاهنگ) با تراکم یکسان ۳۰۰۰۰۰ بوته در هکتار برای گیاهان موردنظر، بودند. کشت به‌طور همزمان، در تاریخ هفتم اردیبهشت و برداشت ارزن در خرداد ماه و لوبیاتپاری در تیر ماه صورت گرفت. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع لوبیاتپاری، تعداد شاخه فرعی لوبیاتپاری، وزن برگ خشک لوبیاتپاری، ارتفاع بوته ارزن، وزن خشک برگ ارزن، وزن خشک ساقه ارزن، عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری، عملکرد علوفه خشک ارزن، عملکرد علوفه کل، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، عملکرد پروتئین خام و شاخص نسبت برابری زمین بود. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS Ver. 12 و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح معنی‌دار پنج درصد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری تحت تأثیر اثرمتقابل نوع ارزن موجود در مخلوط و نسبت اختلاط قرار گرفت و بیشترین میزان آن، از تیمار ۵۰ :۵۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ و باستان به‌دست آمد. نوع رقم ارزن موجود در ترکیب و نسبت اختلاط کشت مخلوط بر علوفه خشک ارزن معنی‌دار شد و بیشترین میزان آن از ارزن رقم پیشاهنگ با ۱۷/۸۷ درصد افزایش، از نسبت اختلاط ۲۵ : ۷۵ لوبیاتپاری- ارزن به‌دست آمد که از لحاظ آماری

*مسئول مکاتبه: mamiri@ujiroft.ac.ir

تفاوتی با نسبت اختلاط ۵۰ : ۵۰ نداشت. بیشترین علوفه خشک کل نیز از تیمار ۵۰ : ۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان و به ترتیب با ۱۲/۵۹ و ۸۷/۵۷ درصد افزایش نسبت به تک‌کشتی لوبیاتپاری و ارزن باستان، حاصل شد که میزان عملکرد این تیمار با تیمار ۵۰: ۵۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی و بیشترین عملکرد پروتئین خام در تیمارهای کشت مخلوط، دیده شد. شاخص نسبت برابری زمین، در کلیه تیمارها بیشتر از یک بود و بیشترین میزان آن در مخلوط ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن با میزان ۲/۱۶۲، مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، کشت مخلوط لوبیاتپاری و ارزن، نسبت به تک کشتی این دو گیاه، برتری داشت به‌طوری‌که عملکرد کل علوفه خشک تولیدی ترکیب ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن، بالاترین میزان تولید را به خود اختصاص داد که ۱۲/۵۹ درصد نسبت به تک کشتی لوبیاتپاری و ۸۷/۵۸ درصد از تک کشتی ارزن، بیشتر بود. شاخص نسبت برابری زمین نیز برتری همین نسبت اختلاط را نسبت به کشت خالص دو گیاه نشان داد. به‌نظر می‌رسد، الگوی کشت مخلوط دو گیاه لوبیا تپاری و ارزن با نسبت ۵۰: ۵۰ روش مناسبی جهت جایگزینی کشت خالص این گیاهان به‌منظور بهبود عملکرد کمی و کیفی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تنوع، کشت خالص، نسبت اختلاط، نسبت برابری زمین

مقدمه

در بسیاری از نقاط جهان، بوم نظام‌های تک کشتی تولید غذا تحت عنوان کشاورزی رایج با عوارضی چون بهره‌برداری بیش از حد منابع کشاورزی، جایگزین کشاورزی معیشتی سنتی چند کشتی، شده‌اند. ظهور اثرات نامطلوب این نظام تولید، منجر به افزایش تمایل به استفاده از بوم نظام‌های تولید کشاورزی پایدار همچون به‌کارگیری و اجرای انواع کشت مخلوط گردید (۲۸). کشت مخلوط به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی از تولید دو یا چند محصول به‌طور همزمان و در یک قطعه زمین، با اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد، شکل گرفت و امروزه در بسیاری از نقاط جهان برای تولید غذا و علوفه نیز مورد استفاده واقع شده است (۴۲). سودمندی این نوع کشت، وابسته به نوع گیاه همراه و نسبت آن‌ها می‌باشد تا گیاهان تشکیل‌دهنده مخلوط از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر متفاوت بوده و حداقل رقابت میان گیاهان، وجود داشته باشد (۴۰). به‌عبارتی دیگر، در صورت انتخاب مناسب دو گیاه، کشت مخلوط می‌تواند علاوه بر افزایش قابلیت تولید گیاه زراعی موجب جذب بهتر نور و استفاده حداکثر از منابع آب و خاک شود (۱۹، ۲).

کشت مخلوط گیاهان سایر تیره‌ها (مانند گراس علوفه‌ای) با گیاهان تیره بقولات نیز از مرسوم‌ترین انواع کشت مخلوط است که از دلایل توصیه آن، توسعه نظام‌های پایدار تولید غذا به‌ویژه در نظام‌های کاشت بر مبنای کاهش مصرف نهاده‌های خارجی به‌همراه افزایش کیفیت علوفه حاصل، بیان شده است زیرا در گیاهان علوفه‌ای، عملکرد، به تنهایی تعیین‌کننده حد مطلوبیت علوفه نیست و کیفیت علوفه، اهمیت بیشتری دارد (۲۴، ۳). آنچنان‌که افزایش کیفیت علوفه حاصل از مخلوط در بالا بردن بازده تغذیه دام‌ها گزارش شده و بر این اساس علوفه

مطلوب را علوفه‌ای با الیاف شوینده اسیدی کمتر، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب، درصد خاکستر و نسبت برگ به ساقه بیشتری، معرفی کرده‌اند (۱٤). در بررسی کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor*) و انواع لگوم، میزان عملکرد علوفه، تحت تأثیر الگوی کشت قرار گرفت و بیشترین میزان آن از کشت مخلوط دو گیاه به‌دست آمد (۱۷). در مطالعه نسبت اختلاط کشت مخلوط ماشک (*Vicia panonica*) رقم گل سفید (*Hungarian vetch*) و جو (*Hordeum vulgar*) رقم سهند، محققان بیشترین عملکرد علوفه را نسبت اختلاط ۵۰: ۵۰، درصد دو گیاه گزارش کردند (۵). عملکرد علوفه خشک مخلوط گیاهان علوفه‌ای ماشک و خلر (*Lathyrus sativus*) و تریتیکاله (*Triticale*) نیز برتر از کشت خالص هر یک از این گیاهان علوفه‌ای معرفی شد زیرا کشت مخلوط ۵۰: ۵۰ ماشک- تریتیکاله، ۵۰: ۵۰ خلر- تریتیکاله و ۲۵: ۷۵ خلر- تریتیکاله توانست علوفه قابل توجهی را در الگوهای مختلف کشت مخلوط آن‌ها، تولید نماید (٦). محققان در بررسی عملکرد کمی و کیفی علوفه ماشک در زراعت مخلوط تریتیکاله و جو گزارش نمودند که حداکثر عملکرد ماده‌خشک در سال اول از نسبت ۲۵: ۷۵ ماشک- جو و در سال زراعی دوم از نسبت ۵۰:۵۰، ماشک- تریتیکاله، به‌دست آمد (۲٦). همچنین در بررسی کشت مخلوط ارزن نوتریفید (*Pennisetum glaucm* L.) و ماشک زراعی (*Vigna sativa* L.)، عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص محصولات بالاتر بود که از دلایل این امر بهره‌گیری غله از بقایای نیتروژن لگوم همراه، کاهش رقابت بین‌گونه‌ای و کاهش آشیان‌های خالی و منابع در دسترس برای رشد علف‌های هرز و تاحدودی کاهش قدرت تهاجم و رقابت این گیاهان نسبت به کشت خالص، بیان شد (٤، ۱).

لوبیاتپاری (*Phaseolus acutifolus*) یکی از پنج گونه زراعی مهم جنس *فازئولوس*[1] است که از قدیمی‌ترین گیاهان مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیری جهان می‌باشد. این‌گونه زراعی لوبیا، به‌دلیل تحمل گرمای فراوان، از حبوبات با ارزش مناطق گرمسیر و نیمه‌خشک دنیا، محسوب می‌شود (۳٤). ارزن به‌دلیل دارا بودن ویژگی‌های مطلوب ازجمله سیستم فتوسنتزی چهار کربنه، کیفیت مطلوب علوفه و عدم برخورداری از ترکیبات سمی و نیز به واسطه تحمل کم آبی و رشد سریع، به‌عنوان گیاهی مطلوب برای تولید علوفه و دانه به‌خصوص در کشت مخلوط در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطرح می‌باشد (۲۸). کشت محصولات علوفه‌ای با شیوه علمی و به‌صورت کشت مخلوط از اهمیت خاصی در تأمین پایداری کشاورزی در مناطق مختلف برخوردار است (۳۲). بنابر نتایج این تحقیقات و لزوم توجه به نوع گیاه انتخابی در کشت مخلوط در هر منطقه، در این بررسی مبنای انتخاب دو گیاه ارزن و لوبیاتپاری جهت اجرای این سیستم کشت، عمق ریشه متفاوت، طول دوره رشد کوتاه، مسیر فتوسنتزی متفاوت گیاهان بود. این تحقیق با هدف بررسی کشت مخلوط گیاهان لوبیاتپاری و ارزن بر برخی صفات کمی، عملکرد علوفه و شاخص نسبت برابری زمین در شهرستان جیرفت، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه نمونه در منطقه جیرفت (واقع در ۲٤۵ کیلومتری مرکز استان کرمان، با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ٤۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ٤۰ دقیقه

1- Phaseolus

شمالی، ارتفاع ٦٢٥/٦ متر از سطح دریا، با تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های ملایم و میانگین دمای ٤٨- ۰ درجه سانتی‌گراد)، در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش، از نقاط مختلف خاک نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی انجام و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد که مطابق با نتایج، بافت خاک، لومی رسی شنی با هدایت الکتریکی ۱/٤۹ دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر ۷/۲۸ بود. میزان پتاسیم و فسفر قابل دسترس نیز به‌ترتیب ۸۰/۷ ، ۲۰/۱ پی‌پی‌ام و مقدار نیتروژن هم ۲/۹ درصد گزارش شد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیب لوبیاتپاری و دو رقم ارزن پیشاهنگ و باستان و نسبت‌های اختلاط کشت مخلوط جایگزینی (شامل ۷۵: ۲۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان، ۵۰: ۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان، ۲۵: ۷۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان، کشت خالص لوبیاتپاری، کشت خالص ارزن باستان و همین نسبت‌های اختلاط لوبیاتپاری با ارزن پیشاهنگ)، بودند. ابعاد هر کرت آزمایش ۳/۵×۳/۵ متر، انتخاب شد. هر کرت دارای شش ردیف و گیاهان با فاصله روی ردیف ۱۰ و بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و با تراکم نهایی ۳۰۰۰۰۰ بوته در هکتار برای گیاهان موردنظر، کشت شدند (۳۸). کاشت هر دو گیاه به‌طور همزمان و در تاریخ هفتم اردیبهشت ماه ۱۳۹۵، به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری در ابتدا تا زمان استقرار بوته‌ها هر روز و سپس متناسب با نیاز گیاهان، تنظیم گردید. کنترل علف‌های هرز مزرعه به روش دستی و در دو نوبت انجام شد. برداشت علوفه هر یک از گیاهان موجود در مخلوط نیز به‌طور جداگانه و طی یک چین و در خرداد ماه ۱۳۹۵ (برداشت ارزن) و تیر ماه ۱۳۹۵ (برداشت لوبیاتپاری) انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی لوبیاتپاری، تعداد ده بوته به‌طور تصادفی انتخاب و سپس برای تعیین وزن ساقه، وزن برگ و عملکرد علوفه، از سطحی معادل یک مترمربع پس از اعمال اثر حاشیه‌ای برداشت شدند و وزن تر نمونه‌ها در آزمایشگاه با استفاده از ترازوی دیجیتال تعیین و وزن خشک آن‌ها پس از قرار دادن نمونه‌ها به‌مدت ٤٨ ساعت در آون با حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. برای ارزیابی مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از معیار نسبت برابری زمین[1] براساس رابطه پیشنهادی مید و ویلی (رابطه ۱)، استفاده شد:

$$LER=Y_{LI}/Y_{L+}\ Y_{IL}/Y_{I} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، Y_{LI}: عملکرد گونه L در کشت مخلوط با گونه I، Y_L: عملکرد گونه L در کشت خالص، Y_{IL}: عملکرد گونه I در کشت مخلوط با گونه L، Y_I: عملکرد گونه I در کشت خالص، است.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 12 و Excel و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از آزمون LSD، انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر کشت مخلوط لوبیاتپاری و ارزن بر برخی صفات مورفولوژیکی دو گیاه و عملکرد علوفه: تأثیر نسبت‌های مختلف اختلاط بر ارتفاع لوبیاتپاری، معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱) اما بین اثر تیمار نوع رقم ارزن موجود در ترکیب و اثر متقابل نوع رقم موجود در ترکیب و نسبت اختلاط، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). براساس نتایج، بیشترین ارتفاع لوبیاتپاری از تیمار نسبت کشت ۵۰: ۵۰ لوبیا تپاری- ارزن و با ۱۵/۹۱ درصد افزایش ارتفاع نسبت به کشت خالص مشاهده شد. کمترین میزان آن نیز از تیمار کشت خالص لوبیاتپاری حاصل شد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد افزایش ارتفاع بوته لوبیاتپاری در کشت

1- Land Equivalent Ratio (LER)

مخلوط نسبت به خالص، به‌دلیل سایه‌اندازی توسط گیاه بلندتر و در نتیجه افزایش طول میانگره‌ها، باشد. از طرفی با جایگزین شدن ارزن به‌دلیل رقابت برون‌گونه‌ای برای کسب نور و منابع محیطی، ارتفاع لوبیاتپاری، افزایش یافت. براساس نتایج این تحقیق، احتمالا رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر از رقابت برون‌گونه‌ای بر کاهش ارتفاع بوته لوبیاتپاری در کشت خالص، تأثیر داشته است. نتایج بررسی احمدوند و حاجی‌نیا (۲۰۱٦) در کشت مخلوط سویا (*Glucine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) نیز، افزایش ارتفاع سویا در تیمار کشت مخلوط این دو گیاه و در نسبت‌های اختلاط ۵۰:۵۰ ارزن- سویا و ۷۵: ۲۵ ارزن- سویا را نشان داد که به‌ترتیب ۱۲/۳٤ و ٦/٤۸ درصد ارتفاع بوته را نسبت به کشت خالص، افزایش دادند (۱).

همچنین نتایج این بررسی نشان داد که تأثیر نسبت‌های مختلف اختلاط بر تعداد شاخه فرعی لوبیاتپاری معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) و اثر نوع رقم ارزن موجود در مخلوط نیز بر این صفت، معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) که براساس جدول ۲ بیشترین تعداد شاخه فرعی لوبیاتپاری از وجود رقم ارزن پیشاهنگ در ترکیب کشت مخلوط ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن و با متوسط تعداد ۲/۲۵ مشاهده گردید که این تیمار مخلوط، افزایش ۱۲/٤٤ درصدی تعداد شاخه فرعی لوبیاتپاری را نسبت به تیمار کشت خالص آن نشان داد اما اثرمتقابل دو تیمار بر این صفت، معنی‌دار نشد. باتوجه به آن‌که، در سری‌های جایگزینی کشت مخلوط، گیاهان از توزیع مکانی و فضایی مناسبی برخوردار می‌باشند، به دنبال آن امکان استفاده بهتر از عوامل محیطی از قبیل نور، آب و عناصرغذایی فراهم گشته و گیاهان از توسعه شاخساره بیشتری، برخوردار می‌گردند. به‌نظر می‌رسد در این بررسی نیز با کاهش تراکم لوبیا در این تیمار، فضا برای رقابت درون‌گونه‌ای کمتر و در نتیجه رشد و شاخه‌دهی بیشتر گیاه لوبیاتپاری در مقایسه با کشت خالص فراهم شده است. این نتایج با گزارش مطالعه بررسی عیشی کشت مخلوط ذرت و لوبیا، مبنی بر افزایش تعداد ساقه فرعی لوبیا در کشت مخلوط، مطابقت دارد. به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه فرعی از نسبت اختلاط جایگزینی ۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا، حاصل شده بود (۱۸). نتایج حاصل از بررسی رضایی و همکاران (۲۰۱۱) در کشت مخلوط ارزن و سویا نیز نشان داد که تأثیر الگوهای مختلف کشت دو گیاه بر تعداد شاخه فرعی معنی‌دار است به گونه‌ای که بیشترین تعداد شاخه فرعی سویا از کشت مخلوط ردیفی سویا و ارزن حاصل شد (۱۵).

براساس نتایج جدول ۱، وزن خشک برگ لوبیاتپاری تحت تأثیر نوع رقم ارزن موجود در ترکیب کشت مخلوط قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۵) به‌طوری‌که بیشترین میزان آن از وجود رقم پیشاهنگ در ترکیب مخلوط به‌دست آمد. همچنین نسبت اختلاط بر صفت وزن خشک برگ لوبیاتپاری معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). بیشترین میزان آن در تیمار اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن، مشاهده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط با ارقام ارزن بر رشد و عملکرد لوبیاتپاری و ارزن.

Table 1. Analysis of variance (mean Squares) for intercropping rations of millet cultivars on growth and yield of bean and millet.

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)								
		ارتفاع بوته لوبیاتپاری Plant height of bean	تعداد شاخه فرعی لوبیاتپاری Number of bean branch	وزن خشک برگ لوبیاتپاری Leaf dry weight of bean	ارتفاع بوته ارزن Plant height of millet	وزن خشک برگ ارزن Leaf dry weight of millet	وزن خشک ساقه ارزن Stem dry weight of millet	عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری Dry forage yield of bean	عملکرد علوفه خشک ارزن Dry forage of millet	عملکرد کل علوفه خشک Total dry forage
تکرار Replication	2	87.55	0.007	576.22	283.118	35.86	44.60	290242	15082	160403
رقم ارزن Millet cultivar (C)	1	0.66 ^{ns}	0.120 *	1932.31 *	188 .720 **	57.78 ^{ns}	781.81 **	426792 *	127983 **	817763 **
نسبت اختلاط Intercropping ratio (I)	3	656.31 **	0.310 **	9138.05 **	43.959 *	289.81 **	702.15 **	6509660 **	187980 **	13467640 **
اثر متقابل C× I	3	30.15 ^{ns}	0.050 ^{ns}	1730.06 **	54.934 *	3.77 ^{ns}	28.83 ^{ns}	377670 **	3505 ^{ns}	325474 *
خطای آزمایش Error	14	68.96	0.020	252.13	11.067	13.74	23.12	60109	5778	75884.
ضریب تغییرات (درصد) C. V (%)	-	5.83	7.14	12.47	4.78	14.30	12.72	8.08	11.92	9.38

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار

*,** and ^{ns}, Significant at 5% and 1% probability levels and not significant respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط با ارقام ارزن بر صفات کمی لوبیاتپاری و ارزن.

Table 2. Mean comparison for intercropping rations of millet cultivars on quantitative traits of bean and millet.

نسبت کاشت Intercropping ratio	ارتفاع بوته لوبیاتپاری (سانتی‌متر) Plant height of bean (cm)	تعداد شاخه فرعی لوبیاتپاری Number of bean branch	وزن خشک برگ ارزن (گرم در مترمربع) Leaf dry weight of millet ($g.m^{-2}$)	وزن خشک ساقه ارزن (گرم در مترمربع) Stem dry weight of millet ($g.m^{-2}$)	عملکرد علوفه خشک ارزن (کیلوگرم در هکتار) Dry forage of millet ($g.m^{-2}$)
۰:۱۰۰ لوبیاتپاری- ارزن 100:0 bean- millet	131.60 b	1.97 b	-	-	-
۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن 75:25 bean- millet	138.82 b	2.06 b	162.75 b	225.98 c	388.73 c
۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن 50:50 bean- millet	156.50 a	2.50 a	316.12 a	441.85 ab	757.97 a
۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن 25:75 bean- millet	142.11 ab	2.18 b	303.10 a	467.00 a	770.07 a
۱۰۰:۰ لوبیاتپاری- ارزن 0:100 bean- millet	–	–	254.57 a	376.97b	633.10 b
ارزن باستان- لوبیاتپاری Bastan cultivar- tepary bean	142.42 a	2.11b	243.62 a	320.87 b	564.44 b
ارزن پیشاهنگ- لوبیاتپاری Pishahang cultivar - tapary bean	142.09 a	2.25 a	274.65 a	435.03 a	710.49 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

اثرمتقابل دو تیمار نوع ارزن موجود در ترکیب و نسبت اختلاط نیز بر وزن خشک برگ لوبیاتپاری معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱)، بیشترین مقدار این نسبت از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان و با افزایش ۱۱/۹۸ درصد نسبت به کشت خالص لوبیاتپاری، حاصل شد. هرچند که این تیمار از نظر آماری تفاوتی با تیمارهای کشت خالص لوبیاتپاری، ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ، و نیز ۷۵: ۲۵ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ، نداشت (جدول ۳).

اثرمتقابل نوع رقم ارزن و نسبت اختلاط کشت مخلوط بر ارتفاع ارزن معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) (جدول ۱). بیشترین ارتفاع ارزن از ترکیب ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ با ۱۲/۵۷ درصد افزایش نسبت به کشت خالص، حاصل شد (جدول ۳). هرچند از نظر ویژگی‌های ژنتیکی، ارزن باستان نوعی دارای با ساقه کوتاه است اما در کشت مخلوط، کاهش یا افزایش ارتفاع گیاهان، به شدت رقابت بین دو گیاه موجود در مخلوط بستگی دارد (۲۷). در شرایط سایه با کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور و کاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی[1]، افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است اما عدم افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، احتمالا به‌دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی بر اثر محدودیت جذب نور، آب و عناصر غذایی است زیرا تک‌کشتی گیاهان به‌دلیل هم‌پوشانی برگ‌ها و سایه‌اندازی ناشی از قرار گرفتن بوته‌های گیاه در یک ارتفاع از کنوپی، موجب کاهش دریافت نور توسط گیاه و مشاهده ارتفاع کمتر در بوته‌ها می‌شود. تفاوت سیستم ریشه گیاهان و استفاده مطلوب از شرایط محیطی نیز از

1- Photosynthesis Absorption Rate (PAR)

دیگر دلایل قابل ذکر است زیرا ریشه‌های سطحی و افشان غله در مجاورت ریشه‌های عمیق لوبیاتپاری، موجب می‌شود که ریشه گیاهان در طبقات مختلف خاک پراکنده شده و در مجموع آب و مواد غذایی بیشتری از یک حجم معین از خاک جذب گردد. از سویی دیگر در مخلوط بقولات و غلات تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لگوم، موجب افزایش رشد رویشی گیاه شده است که در کشت خالص غله به‌دلیل عدم وجود چنین شرایطی، کمتر بودن ارتفاع گیاه نسبت به مخلوط، مشاهده می‌شود اما در مخلوط دو گیاه، غله از نیتروژن موجود در خاک و لوبیاتپاری از نیتروژن اتمسفر استفاده کرده و از نظر جذب این عنصر به‌عنوان مکمل یکدیگر عمل می‌کنند (۲۳، ۳۰، ٤١).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط و رقم ارزن بر صفات کمی لوبیاتپاری، ارزن و عملکرد علوفه خشک کل.

Table 3. Mean the interaction of intercropping ratio and millet cultivar on quantitative traits of bean, millet and total dry forage.

نسبت کاشت Intercropping ratio	وزن خشک برگ لوبیاتپاری Leaf dry Weight of bean	عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری Dry forage yield of bean	ارتفاع بوته ارزن Plant height of millet	عملکردعلوفه خشک کل Total dry forage
۰:۱۰۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان 100:00 bean- Bastan millet	149.59^{a}	3929.4^{a}	-	3929.4^{a}
۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان 75:25 bean- Bastan millet	89.64^{b}	2464.8^{c}	68.76^{cd}	2806.4^{d}
۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان 50:50 bean- Bastan millet	169.96^{a}	3802.1^{ab}	63.38^{d}	4495.1^{a}
۲۵: ۷۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان 25:75 bean- Bastan millet	64.06^{b}	1399.8^{d}	69.88^{bc}	2065.0^{e}
۱۰۰:۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان 0:100 bean- Bastan millet	-	-	64.94^{cd}	978.0^{f}
۰:۱۰۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 100:0 bean- Pishahang millet	149.59^{a}	3939.1^{a}	-	3929.1^{bc}
۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 75:25 bean- Pishahang millet	153.68^{b}	3358.6^{b}	68.80^{cd}	3794.5^{c}
۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 50:50 bean- Pishahang millet	156.26^{a}	3552.4^{ab}	77.38^{a}	4375.5^{ab}
۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 25:75 bean- Pishahang millet	85.51^{b}	1822.5^{d}	75.56^{ab}	2697.5^{d}
۱۰۰:۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 0:100 bean- Pishahang millet	-	-	67.65^{c}	1008.2^{f}

مطابق با نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اگرچه نوع رقم ارزن موجود در مخلوط اثر معنی‌داری بر وزن خشک برگ ارزن نداشت؛ اما اثر نسبت‌های مختلف کاشت مخلوط این دو گیاه بر این صفت، معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱) به‌طوری‌که بیشترین میزان وزن خشک برگ ارزن از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ ارزن- لوبیاتپاری، با ۱۹/٤۷ درصد افزایش نسبت به کشت خالص ارزن به‌دست آمد. هرچند که این تیمار از نظر آماری تفاوتی با تیمار ۲۵:۷۵ ارزن- لوبیاتپاری و کشت خالص ارزن، نداشت. کمترین وزن خشک برگ ارزن، از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ ارزن- لوبیاتپاری، به‌دست آمد. اثرمتقابل این دو تیمار نیز بر این صفت معنی‌دار نشد. به‌نظر می‌رسد در این بررسی نیز وجود فضای کافی و متناسب، در تراکم ۵۰:۵۰ ارزن-

لوبیاتپاری و همچنین فراهمی نیتروژن کافی توسط لگوم همراه با ارزن در ترکیب، از اثرات مثبت کشت مخلوط است که موجب افزایش وزن خشک برگ ارزن شده است اما کاهش تراکم ارزن در مخلوط، عامل اصلی کم شدن وزن خشک برگ ارزن در تیمار ۷۵:۲۵ ارزن- لوبیاتپاری است. در مطالعه بررسی کشت مخلوط تریتیکاله (*X Triticosecale Wittmack*) و خلر (*Lathyrus sativus*)، بیشترین و کمترین وزن خشک برگ تریتیکاله به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص تریتیکاله و نسبت اختلاط ۸۰:۲۰ تریتیکاله- خلر حاصل شد، محققان دلایل کمتر بودن وزن خشک برگ تریتیکاله در کشت مخلوط را وجود رقابت بین‌گونه‌ای دو گیاه عنوان کردند (۲۰). به‌عبارتی دیگر اگر چه تعداد برگ و در نتیجه وزن آن در گیاهان یک صفت ژنتیکی است اما میزان این صفت تحت تأثیر عوامل محیطی مانند درجه حرارت، تراکم کاشت، شرایط خاک و عملیات زراعی نیز می‌باشد که بر این اساس تراکم مطلوب در مخلوط می‌تواند بر میزان این صفت اثرگذار باشد (۳۰).

وزن خشک ساقه ارزن تحت تأثیر نوع ارزن موجود در ترکیب و نسبت‌های مختلف اختلاط قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱). (جدول ۱). بیشترین میزان وزن خشک ساقه از ارزن پیشاهنگ، به‌دست آمد. همچنین از میان نسبت‌های اختلاط، بیشترین میزان این صفت با افزایش ۱۹/۲۷ درصد نسبت به کشت خالص ارزن، در نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن مشاهده شد هر چند که این تیمار تفاوت آماری با میانگین وزن خشک ساقه به‌دست آمده از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن نداشت. کمترین وزن خشک ساقه ارزن نیز از نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن، حاصل شد. به‌نظر می‌رسد با توجه به نقش نیتروژن در ساختار اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها در گیاه و فراهم شدن این عنصر برای گیاه ارزن توسط گیاهی از خانواده بقولات، افزایش وزن خشک ساقه ارزن امکان‌پذیر شده است. فراهمی نیتروژن در اطراف محیط ریشه سبب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و در نتیجه افزایش رشد ساقه آن می‌شود (۱۳).

اثر متقابل رقم ارزن و نسبت اختلاط بر میران علوفه خشک لوبیاتپاری معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). بیشترین میزان علوفه خشک لوبیاتپاری از کشت خالص این گیاه ، به‌دست آمد اما این تیمار نیز تفاوت آماری معنی‌داری با تیمارهای ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان و ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری - ارزن پیشاهنگ، نداشت (جدول ۳). کمترین میزان علوفه خشک لوبیاتپاری نیز از تیمار ۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان به‌دست آمد که میانگین آن با تیمار ۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ از نظر آماری تفاوتی نداشت. از عمده‌ترین دلایل برای پایین بودن عملکرد علوفه خشک این گیاه در اکثر نسبت‌های اختلاط در کشت مخلوط نسبت به شاهد می‌توان نوع کانوپی، ارتفاع بیشتر و رشد سریع‌تر غیرلگوم را بیان نمود. همچنین وجود رقابت برون‌گونه‌ای با گیاه ارزن دلیل احتمالی دیگر این مورد، می‌باشد. در مطالعه بررسی اثر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد یونجه یکساله (*Medicago sativa*) و جو (*Hordeum vulgare*) کاهش عملکرد زیست‌توده یونجه نسبت به سیستم تک کشتی آن گزارش شده است (۳۵). اسلامی‌زاده و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر کشت مخلوط بر میزان علوفه خشک حاصل از سویا را گزارش نمودند که، بیشترین میزان این صفت از تیمار ۵۰:۵۰ سویا- ذرت و ۲۵: ۷۵ سویا- ذرت به‌دست آمد (۱۶).

میزان عملکرد علوفه خشک ارزن، تحت تأثیر نوع رقم ارزن موجود در ترکیب و نسبت‌های مختلف

اختلاط قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). بیشترین میزان این صفت از وجود رقم پیشاهنگ و از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن و با افزایش ۱۷/۷۸ درصد نسبت به تک کشتی ارزن، به‌دست آمد هر چند که این تیمار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن نداشت (جدول ۲). کمترین میزان وزن خشک علوفه ارزن نیز از تیمار ۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن، حاصل شد اما اثرمتقابل نوع رقم ارزن موجود در ترکیب و نسبت‌های مختلف کشت بر وزن خشک علوفه ارزن معنی‌دار نشد. براساس نتایج مشاهده شده، در دو تیمار ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن و ۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن، گیاه ارزن از شرایط محیطی بهتر استفاده کرده است به‌نظر می‌رسد با افزایش نسبت این گیاه تا حد ۱۰۰ درصد، به‌دلیل تشدید رقابت درون‌گونه‌ای، افزایش عملکرد ماده خشک ارزن کاهش یافته است. پیروزی و همکاران (۲۰۱٤) بیشترین عملکرد ماده خشک تولیدی ذرت را در بررسی خود از تیمار تک کشتی ذرت، گزارش نمودند اما ایشان از میان تیمارهای کشت مخلوط، تیمار کشت تأخیری لوبیا در ذرت با نسبت کاشت ۲:۱ (لوبیا/ ذرت) را از نظر عملکرد ماده خشک کل، بهترین تیمار معرفی نمودند (۳۳). در بررسی کشت مخلوط یونجه یکساله و جو، تأثیر کشت مخلوط بر وزن علوفه خشک جو در تمام نسبت‌های اختلاط به جز نسبت ترکیب ۵۰:۵۰ جو- یونجه کمتر از میزان علوفه خشک حاصل از تیمار کشت خالص جو بود که از دلایل ذکر شده برای آن، وجود رقابت برون‌گونه‌ای کمتر بین اجزای موجود در این ترکیب، بیان شده که در نتیجه منجر به بهبود استفاده از منابع موجود مانند نور خورشید شده است (۳٦).

کل علوفه خشک تولیدی، تحت تأثیر نوع رقم ارزن موجود در ترکیب و نسبت‌های مختلف کشت، قرار گرفت (جدول ۱) بیشترین میزان علوفه خشک تولیدی کل از وجود رقم ارزن پیشاهنگ، حاصل شد. بالاترین میزان علوفه خشک کل نیز از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ ارزن- لوبیاتپاری، به‌دست آمد. اثر متقابل نوع ارزن موجود در ترکیب و نسبت‌های مختلف اختلاط نیز بر این صفت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۵) به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد کل علوفه خشک، با افزایش ۱۲/۵۹ درصد نسبت به تک کشتی لوبیاتپاری و ۸۷/۵۸ درصد نسبت به کشت خالص ارزن باستان، از تیمار ۵۰:۵۰ ارزن باستان- لوبیاتپاری، به‌دست آمد هرچند که این تیمار از نظر آماری تفاوتی با تیمار ۵۰:۵۰ ارزن پیشاهنگ- لوبیاتپاری، نداشت همچنین کمترین مقدار کل علوفه خشک به‌دست آمده نیز در تیمار کشت خالص هر دو نوع ارزن، دیده شد (جدول ۳). در مجموع نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ این دو گیاه، در نتیجه استفاده بهتر از منابع، عملکرد ماده خشک بیشتری نسبت به کشت خالص تولید می‌نماید اما از دلایل قابل ذکر جهت تفاوت در نسبت اختلاط معرفی شده می‌توان به مواردی چون تفاوت شرایط اکولوژیکی و نوع رقم استفاده شده و همچنین نوع سیستم کشت مخلوط به‌کار گرفته شده، اشاره نمود. در مطالعه بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و سویا بر میزان عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی علوفه ذرت، میزان وزن خشک کل علوفه سویا+ ذرت، متأثر از کشت مخلوط و نسبت‌های مختلف اختلاط بیان شد و بالاترین میزان وزن خشک علوفه کل از تیمار ۲۵:۷۵ ذرت- سویا حاصل شد که این تیمار از نظر آماری تفاوتی با میزان این صفت در تیمارهای کشت خالص ذرت و ۵۰:۵۰ ذرت- سویا نداشت (۷). در بررسی مقایسه علوفه سورگوم در کشت خالص و مخلوط با لگوم‌ها و همچنین در مطالعه عملکرد علوفه کل حاصل از کشت مخلوط ماشک- تریتیکاله نیز، میزان عملکرد

علوفه کل حاصل از کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص آن، گزارش شد (۱۷، ۱۲).

تأثیر کشت مخلوط لوبیاتپاری و ارزن بر عملکرد کیفی علوفه: میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی علوفه تحت تأثیر اثر نسبت اختلاط قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ٤). بیشترین میزان آن از تیمار کشت خالص ارزن و به‌ترتیب با ۷/۰۷ و ٦/۵۳ درصد افزایش نسبت به تیمارهای ۵۰:۵۰ و ۷۵: ۲۵ لوبیاتپاری- ارزن که کمترین میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی را دارار بودند، به‌دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل دو تیمار نیز بر میزان این صفت، معنی‌دار نشد (جدول ٤). الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی شاخصی جهت بیان میزان دیواره سلولی گیاه و عامل مهمی در تعیین میزان تعلیف دام است و بالا بودن میزان آن، سبب کاهش تعلیف علوفه توسط حیوان به‌دلیل غیرقابل هضم بودن آن می‌شود. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن نوع ترکیب علوفه است آنچنان‌که در اکثر موارد استفاده از لگوم در ترکیب، به‌دلیل پایین بودن محتوی الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی لگوم نسبت به غلات، منجر به تعدیل این صفت در علوفه، می‌شود (۲۱). به‌نظر می‌رسد در این بررسی نیز با وجود خشبی بودن ساقه‌های لوبیاتپاری، باز هم میزان این صفت نسبت به ارقام ارزن استفاده شده، کمتر بوده و در نتیجه با افزایش میزان لوبیا در اختلاط و با توجه به میزان بالای ماده تولیدی آن به‌دلیل سازگاری با شرایط آب و هوای منطقه، مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه نهایی، کاهش یافته است.

باوجود عدم تأثیر نوع رقم ارزن و اثرمتقابل دو عامل بر میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی، اثر نسبت‌های اختلاط بر میزان این صفت، معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ٤). بیشترین میزان آن از تیمار تک‌کشتی لوبیاتپاری و کمترین مقدار، از نسبت اختلاط ۲۵: ۷۵، ۵۰: ۵۰ لوبیاتپاری- ارزن و نیز تیمار تک‌کشتی ارزن، حاصل‌شد (جدول ۵). میزان این صفت در تیمار تک کشتی لوبیاتپاری، به‌ترتیب ۲۱/۱۳، ۱۸/۵۰ و ۲۰/۰۲ درصد افزایش نسبت به نسبت‌های اختلاط ۲۵: ۷۵، ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن و تک‌کشتی ارزن، نشان داد. از آنجا که الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی شامل لیگنین خام و سلولز هستند بنابراین علوفه‌ای با میزان کمتر آن، کیفیت بیشتری دارد. هر چند که در اغلب موارد میزان این الیاف در لگوم‌ها کمتر از غلات گزارش شده است که با افزودن لگوم در ترکیب علوفه، میزان بالای الیاف نامحلول در علوفه غلات، تعدیل می‌شود (لگوم بدون داشتن اثر منفی بر عملکرد کل، موجب کاهش میزان این صفت نامطلوب در علوفه غلات می‌گردد) اما علاوه بر اثر نوع لگوم، شرایط محیطی رشد لگوم‌ها نیز بر میزان این نوع الیاف اثرگذار است به‌طوری‌که براساس گزارشات، میزان این صفت در حبوبات با دانه‌های تیره رنگ و نیز علوفه تولیدی در شرایط آب و هوایی گرم نسبت به سایر موارد به‌دلیل بالا بودن میزان لیگنین این نوع لگوم‌ها، بیشتر است (۱۱). در این بررسی نیز، باتوجه به بالاتر بودن عملکرد لوبیاتپاری نسبت به ارزن و از سویی در اثر بالا بودن میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی آن نسبت به ارزن به جهت نوع لوبیا استفاده شده، میزان این صفت در تیمارهای با درصد بالای لوبیاتپاری در مخلوط، افزایش یافت.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط با ارقام ارزن بر عملکرد کیفی علوفه.

Table 4. Analysis of variance (MS) for intercropping rations of millet cultivars on quality yield forage.

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)		
		الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی Natural detergent (Fiber)	الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (Acid detergent fiber)	عملکرد پروتئین خام (crude protein yield)
تکرار Replication	2	12.37	7.71	4699.71
رقم ارزن Millet cultivar (C)	1	0.71^{ns}	8.95^{ns}	7976.96^{ns}
نسبت اختلاط Intercropping ratio (I)	4	15.91**	71.51**	473041.98**
اثر متقابل C× I	4	1.24^{ns}	6.39^{ns}	21069.41**
خطای آزمایش Error	18	2.63	4.85	2112.91
ضریب تغییرات C.V (%)	-	3.13	6.42	8.57

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and ns, Significant at 5% and 1% probability levels and not significant respectively.

میزان عملکرد پروتئین خام نیز تحت تأثیر نسبت اختلاط و اثرمتقابل دو تیمار، قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ٤). بیشترین میزان این صفت از نسبت ۵۰: ۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان، حاصل شد. کمترین میزان نیز از تک‌کشتی ارزن باستان، به‌دست آمد که تیمار ۵۰: ۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان نسبت به تک کشتی ارزن باستان، ۸۸/۸٤ درصد افزایش داشت. زیاد بودن میزان پروتئین خام در لگوم‌ها نسبت به غلات را محققان، گزارش کرده‌اند و دلیل آن را به بالا بودن کارآیی استفاده از نیتروژن در این گیاهان نسبت داده‌اند (۱۰). بنابراین، باوجود تفاوت در میزان پروتئین خام لگوم‌های مختلف، در کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای، با افزایش لگوم، میزان عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد. در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد علاوه بر موارد ذکر شده، افزایش این صفت در اختلاط لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ نسبت به وجود رقم باستان، ناشی از بیشتر بودن میزان ماده خشک تولید شده توسط ارزن پیشاهنگ نسبت به ارزن باستان است. محققان نیز در بررسی علوفه کشت مخلوط جو و ماشک با وجود عدم تأثیر کشت مخلوط این گیاهان بر میزان پروتئین خام علوفه حاصل، مقدار عملکرد پروتئین علوفه را متأثر از نسبت اختلاط گزارش کردند که در نتیجه بالاترین میزان عملکرد پروتئین علوفه از نسبت کشت افزایشی ٦۰ درصد ماشک به جو، ٤۰ درصد ماشک به جو و کشت جایگزینی ۲۵: ۷۵ ماشک- جو، به‌دست آمد (۲۲).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط با ارقام ارزن بر عملکرد کیفی علوفه و نسبت برابری زمین.

Table 5. Mean comparison for intercropping rations of millet cultivars on quality yield forage and LER.

نسبت کاشت Intercropping ratio	الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (درصد) (Natural detergent Fiber) (%)	الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (درصد) (Acid detergent fiber) (%)	نسبت برابری زمین (براساس عملکرد علوفه خشک ارزن) LER_{millet}	نسبت برابری زمین (براساس عملکرد علوفه خشک کل) LER_{total}
۰:۱۰۰ لوبیاتپاری- ارزن 100:0 bean- millet	51.33^{bc}	38.75^{a}	–	–
۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن 75:25 bean- millet	50.30^{c}	31.58^{c}	1.227^{a}	2.162^{a}
۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن 50:50 bean- millet	52.91^{ab}	30.56^{c}	1.224^{a}	1.635^{b}
۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن 25:75 bean- millet	50.59^{c}	34.77^{b}	0.622^{b}	1.362^{c}
۱۰۰:۰ لوبیاتپاری- ارزن 0:100 bean- millet	54.13^{a}	30.99^{c}	–	–
ارزن باستان- لوبیاتپاری Bastan cultivar- tepary bean	52.01^{a}	33.88^{a}	1.042^{a}	1.693^{a}
ارزن پیشاهنگ- لوبیاتپاری Pishahang cultivar - tapary bean	51.70^{a}	32.78^{a}	1.006^{a}	1.746^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط و رقم ارزن بر عملکرد پروتئین خام و نسبت برابری زمین (براساس عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری).

Table 6. Mean comparison the interaction of intercropping ratio and millet cultivar on crude protein yield and land equivalent ratio.

نسبت کاشت Intercropping ratio	عملکرد پروتئین خام (کیلوگرم در هکتار) (crude protein yield) (kg/ha^{-1})	نسبت برابری زمین (براساس عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری) Land equivalent ratio
۰:۱۰۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان 100:00 bean- Bastan millet	732.65^{b}	–
۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان 75:25 bean- Bastan millet	541.79^{c}	0.626^{b}
۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان 50:50 bean- Bastan millet	883.37^{a}	0.968^{a}
۲۵: ۷۵ لوبیاتپاری- ارزن باستان 25:75 bean- Bastan millet	343.15^{d}	0.357^{c}
۱۰۰:۰ لوبیاتپاری- ارزن باستان 0:100 bean- Bastan millet	100.57^{e}	-
۰:۱۰۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 100:0 bean- Pishahang millet	736.56^{b}	-
۲۵:۷۵ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 75:25 bean- Pishahang millet	683.01^{b}	0.854^{a}
۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 50:50 bean- Pishahang millet	738.49^{b}	0.902^{a}
۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 25:75 bean- Pishahang millet	484.26^{c}	0.465^{c}
۱۰۰:۰ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ 0:100 bean- Pishahang millet	134.18^{e}	-

با وجود معنی‌دار بودن اثرمتقابل بین نوع رقم ارزن موجود در ترکیب و نسبت‌های اختلاط بر میزان نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری، میزان این نسبت براساس عملکرد علوفه خشک ارزن و علوفه خشک کل، تحت تأثیر اثرمتقابل بین فاکتورها قرار نگرفت (جدول ۷). بیشترین مقدار نسبت برابری زمین جزء بر اساس عملکرد علوفه خشک لوبیاتپاری از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری در نرکیب با هر دو رقم ارزن و نیز ۷۵: ۲۵ لوبیاتپاری- ارزن پیشاهنگ به‌دست آمد (جدول ٦). همچنین در کلیه تیمارها، میزان نسبت برابری زمین براساس عملکرد علوفه خشک کل، بیشتر از یک بود (جدول ۵) که این موضوع می‌تواند نشانگر سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه باشد که از دلایل برتری آن می‌توان به اختلافات ظاهری گیاهان از قبیل متفاوت بودن سیستم ریشه‌ای، شکل برگ‌ها (نازک‌برگی و پهن‌برگی) و متفاوت بودن سیکل فتوسنتزی ارزن (C_4) و لوبیاتپاری (C_3)، اشاره کرد. نتایج این مطالعه با مطالعات احمدوند و حاجی‌نیا (۲۰۱٦) و جهانگیری و همکاران (۲۰۱۵) نیز در ارزیابی عملکرد علوفه کل در یک راستا قرار دارند (۱، ۲۱).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط با ارقام ارزن بر نسبت برابری زمین.

Table 7. Analysis of variance (MS) for intercropping rations of millet cultivars on lqnd equivalent ratio.

S. O. V	df	میانگین مربعات (MS)		
		نسبت برابری زمین جزء و کل (براساس عملکرد علوفه)		
		علوفه خشک لوبیاتپاری LER_{bean}	علوفه خشک ارزن LER_{millet}	علوفه خشک کل LER_{total}
تکرار Replication	2	0.0007	0.0620	0.0526
رقم ارزن Millet cultivar (C)	1	0.0363^{*}	0.0059^{ns}	0.0128^{ns}
نسبت اختلاط Intercropping ratio (I)	2	0.4200^{**}	0.7268^{**}	0.9907^{**}
اثر متقابل C× I	2	0.0325^{*}	0.0080^{ns}	0.0649^{ns}
خطای آزمایش Error	10	0.0043	0.0235	0.0288
ضریب تغییرات C. V (%)	-	9.48	14.98	9.87

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and ns, Significant at 5% and 1% probability levels and not significant respectively

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد کشت مخلوط لوبیاتپاری و ارزن، نسبت به سیستم کشت خالص این دو گیاه، برتری دارد به‌طوری‌که در این سیستم از لحاظ کل علوفه خشک تولیدی ترکیب ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن، بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داد که ۱۲/۵۹ درصد نسبت به کشت خالص لوبیاتپاری و ۸۷ درصد نسبت به تک کشتی ارزن، افزایش داشت. همچنین بیشترین میزان عملکرد علوفه لوبیاتپاری از تیمارهای کشت خالص لوبیاتپاری

و تیمـار ۵۰:۵۰ لوبیاتپـاری- ارزن و بیشـترین میـزان علوفه ارزن از تیمار ۷۵:۲۵ لوبیاتپاری- ارزن و تیمـار ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن حاصل شد. همچنین کیفیـت علوفه حاصل نیز تحت تأثیر نوع کشت، قـرار گرفـت هرچند که بهترین صفات مورد بررسی از نظر کیفیـت علوفه حاصل از این مخلوط در نسـبت‌هـای مختلـف اختلاط دیده شد اما به‌طور کلی کمترین میزان الیـاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی در تیمارهـای کشت مخلوط، دیده شد. شاخص نسبت برابری زمین در ارزیابی عملکرد علوفه خشک کل از تیمـار ۵۰:۵۰ لوبیاتپاری- ارزن، به‌دست آمد که نشان‌دهنده اسـتفاده بهتر گیاهـان از منـابع محیطـی در کشـت مخلـوط و سودمند بودن آن، است.

منابع

1. Ahmadvand, G., and Hajinia, M. 2016. Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). J. Agroecol., 4(7): 485-498. (In Persian with English abstract)
2. Amini, R., Shamayeli, M., and Dabbagh, M.N. 2013. Assessment of yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) under two and three strip intercropping systems. Inter. J. Bio Sci., 3: 65–69.
3. Armstrong, K.L., Albrecht, K.A., Lauer, J.G., and Riday, H. 2009. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. Crop Sci., 48: 371–379.
4. Asadi, Gh.A., and Khorramdel, S. 2013. Effect of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. J. Crop. Prod., 7(1): 131-156.
5. Asghari Meidani, J., and Karimi, E. 2014. The effect of different mixture ratio of barely and vicia seeds on their yield in dry land condition. Iran. J. Field Crops Res., 4(12): 677- 682. (In Persian with English abstract)
6. Bafandeh-Roozbahani, A. 2012. Evaluation of quantity and quality of forage in intercropping of vetch (*Vicia panonica*) and grasspea (*Lathyrus sativus*) with annual grasses under rainfed conditions of Markazi province in Iran. Seed Plant Prod. J., 1(2): 81- 95. (In Persian)
7. Baghdadi, A., Halim, R.A., Ghasemzadeh, A., and Ebrahimi, M. 2016. Effect of intercropping of corn and soyabean on dry matter yield and nutritive value of forage corn. Legume Research., 39(6): 976-981.
8. Bahari, A., Ayineband, A., and Fateh, A. 2014. Effect of different wheat residue managements on forage yield and yield components of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) intercropping. Agric. Sci. Sustain. Prod., 1(24): 1-16.
9. Ball, D.M., Collins, M., Lacefield, G.D., Maitin, N.P., Mertens, D.A., Olson, K.E., Putnam, D. H., Undersander, D. J., and Wolf, M. W. 2001. Understanding forage quality. Am. Farm Bur. Fed. Publ., 1: 1–15.
10. Bekele, G., Belet, K., and Sharma, J.J. 2013. System productivity of forage legumes intercropped with maize and performance of the component crops in kombolcha, eastern Ethiopia. E.A.J.S., 7(2): 99- 108.
11. Borhi, M. 2010. The determination of storage and structural carbohydrates content in three cultivars of common bean (chiti, red and white). Q. J. Crop Ecophys., 2(2): 100-104.
12. Budakli Carpici, E., and Celik, N. 2014. Forage yield and quality of common vetch mixtures with triticale and annual ryegrass. Turkish J. Field Crops., 19(1): 66-69.
13. Chandel, G., Banerjee, S., See, S., Menna, R., Sharma, D.J., and Verulkar, S.B. 2010. Effects of different nitrogen fertilizer levels and native soil properties on rice grain Fe, Zn and protein contents. Rice Sci., 17(3): 213−22.

14. Dahmardeh, M., Ghanbari., A., Syasar, B., and Ramroudi, M. 2009. Effect of intercropping maize with cowpea on green forage and quality evaluation. Asion J. Plant Sci., 8(3): 235-239.
15. Eyshi Rezaei, E., Rezvani Moghadam, P., Khazaei, H.R., and Mohammad Abadi, A. Effect of planting patterns (mixed and intercropping) and millet plant density on yield and forage yield components of millet and soyabean under Mashhad weather conditions. Iran. J. Field Crops Res., 1: 50-59. (In Persian)
16. Eslamizadeh, A., Kashani, A., Siyadat, S.A., Modhej, A., and Lak, Sh. 2015. Study of soybean forage at different planting dates intercropped with corn. Walia J. 31: 108-112.
17. Fezan Akhrar, M., Ahmad, M.A., Zamir, M.Sh.I., Khalid, F., Mohsin, A.U., and Afzal, M. 2013. Agro- qualitative studies on forage sorghum (*Sorgum bicolor* L.) sown alone and in mixture with forage legumes. Pakistan J. Sci., 2: 179-185.
18. Hirpa, T. 2014. Effect of intercrop row arrangement on maize and Haricot bean productivity and the residual soil. Global J. Sci. Fronter Res., 1(14): 26- 34.
19. Hail. Y., Daci, M., and Tan, M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. Yield and quality. J. Animal Advance., 8(7): 1337-1342.
20. Heidari, S., Azizi, K.H., Daraeimofrad, A.R., and Ahmadi, A.R. 2011. Study of quantitative and qualitative traits of triticale (X. triticosecale Wittmack) and rough pea (*Lathyrus sativus* L.) in sole and mixed cropping in dry farming conditions of Iran. Res. Crops., 12(2): 312-319.
21. Jahangiri, H., TohidiNejad, E.A., Torabi, M., and Golkar, P. 2015. Evaluation of yield, Land Equivalent Ratio (LER) and silage quality related traits in oat and vetch intercropping. J. Crops Improv., 2: 372- 384. (In Persian with English abstract)
22. Jeylani, M., AjamNorouzi, H., and Rabiee, M. 2016. Effect of planting bed on quantity of hay in different mixing ratio of barley and vetch in rainfed condition of rasht area. 3(2): 23- 35.
23. Katebi, R., Khalili Mahalle, J., Khwarazmi, K.,Valilo, R., and Pirzad, A. 2016. Effect of Plant Density on Some Agronomical Traits of Corn in Intercropping With Cowpea. 26: 1-18.
24. Khoramdel, S., Siahmargooi, A., and Mahmoodi, Gh. 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. Electronic J. Crop Prod., 1(9): 1- 24. (In Persian with English abstract)
25. Kiani, S., Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Abdali Mashhadi, A.R., and Sari, M. 2015. Evaluation of qualitative and quantitative of forage yield in intercropping of barley and fennel at different levels of nitrogen. Agri. Crop Manag., 4: 973-986. (In Persian with English abstract)
26. Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S. 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian J. Field Crops Res., 7(2): 605-614. (In Persian with English Summary)
27. Lamei, J., and Alizadeh, Kh. 2012. The selection of most suitable combination in mixed cropping of hairy vetch with barley or triticale under Zanjan rainfied conditions. Iranian Dryland Agronomy., 1(1): 17-39. (In Persian)
28. Mehrani, A., Mosavat, S.A., Shoushi, A.A., Tabatabaei, S.A., Ghasemi, A., Abbasi, M.R., and Zamanian, M. 2012. Bastan the First Cultivar of Foxtail Millet for Emergency Feed Production. Research Achievements for Field and Horticulture Crops. 2(2): 119-128. (In Persian)
29. Mobasser, H.R.,Vazirimehr, M.R., and Rigi, K. 2014. Effect of intercropping on resource use, weed management and forage quality. International J. Plant, Animal and Environmental Sci., 4: 706-713.

30. Nasiri, B., Daraei Mofrad, A., and Hosseinian, S.H. 2015. Evaluation of yield and advantage indices in additive intercropping series of triticale with vetch under dry land conditions. Res. Agroecosys., 2(2): 37- 48.
31. Oliveira, L.B.D., Barros, R.L.N., Magalhaes, W.B.D., Medici, L.O., and Pimentel, C. 2017. Cowpea growth and yield in sole crop and intercropped with millet. Revista Ctinga., 1(30): 53-58.
32. Oseni, T.O., and Alyu, I.G. 2010. Effect of row arrangements on Sorghum-Cowpea intercrops in the semi-arid Savannah of Nigeria. Int. J. Agric. Biol., 12: 137-140.
33. Piroozi, B., Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., and Heidari, H. 2014. Evaluation of sowing time and intercropping on vegetative and reproductive traits of bean (*Phaseolus Vulgaris*) and biological yield of forage maize (*Zea mays*). Agron. J., 104: 62- 68. (Text in Persian)
34. Roa, I., Beebee, S., Polania, J., Ricaurte, J., Cajiao, C., Garcia, R., and Riverra, M. 2013. Can tepary bean be a model for improvement of drought resistance in common bean.Crop Sci. J., 21: 265-281.
35. Sadeghpour, A., and Jahanzad, E. 2012. Seed yield and yield component of intercropped barley and annual medic. Aust. J. Agric. J., 3(2): 47-50.
36. Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Hashemi, M., Esmaelli, A., Herbert, S.J. 2013. Intercropping annual medic (*Medicago scutellata* L.) with barley (*Hordeum vulgare* L.) may improve total forage and crude protein yield in semi- arid environment. Aust. J. Crop Sci., 7(12): 1822-1828.
37. Salari, S. 2011. Evaluation of maize-cowpea intercropping in different plant density in Jiroft rejoin. Master thesis of Jiroft Islamic Azad University.
38. Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millet (*Panicum miliaceum*) and Bean (*Phaseolus vulgaris*) in intercropping. J. Field Crops Res., 2(8): 203-212. (In Persian with English abstract)
39. Yahuga, I. 2011. Review of radiation interception and radiation use efficiency in intercropping in relation to the analysis of wheat/faba bean intercropping system. J. Biodiv. Env. Sci.
40. Yang, F., Dunping, L., Yuanfang, F., Rencal, G., Xiaoling, W., Tanzeel, R., Talween, Y., Weiguo, L., Jiang, L., Junbo, D., Kai, Sh., and Xiaochung, W. 2017. Effect of narrow- row planting patterns on crop competitive and economic advantage in maze- soybean relay strip intercropping system. Plant Prod. Sci., 1(20): 1-11.
41. Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T.,Wang, X., Wu, X., and Yang, W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far-red ratio. Field Crops Res., 155: 245-253.
42. Zhang, Y., Liu, J., Zhang, J., Liu, H., Liu, Sh., Zhai, L., Wang, H., Lei, Q., Ren, T., and Yin, Ch. 2015. Row ration of intercropping maize and soyabean can affect agronomic efficiency of the system and subsequent wheat. J. Plosone., 10(6): 1-16.