

بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای و ارزن مرواریدی بر برخی صفات کمی و کیفی علوفه

محسن حسینمردی^۱، سید محمدباقر حسینی^{۲*} و محمدرضا جهانسوز^۳
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۰)

چکیده

به منظور تعیین مناسب‌ترین آرایش کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای با ارزن مرواریدی از نظر عملکرد علوفه خشک و کیفیت علوفه، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج، در سال ۱۳۹۰ انجام شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بود. تیمارهای موجود در آزمایش عبارت از آرایش‌های مختلف کشت مخلوط به صورت جایگزینی، شامل ۲۵ درصد ارزن مرواریدی: ۷۵ درصد ذرت علوفه‌ای، ۵۰ درصد ارزن مرواریدی: ۵۰ درصد ذرت علوفه‌ای، ۲۰ درصد ارزن مرواریدی: ۸۰ درصد ذرت علوفه‌ای، ۲۰ درصد ذرت علوفه‌ای و افزایشی، شامل ۲۰ درصد ارزن مرواریدی: ۸۰ درصد ذرت علوفه‌ای، ۴۰ درصد ارزن مرواریدی: ۶۰ درصد ذرت علوفه‌ای، ۲۰ درصد ذرت علوفه‌ای و افزایشی: ۸۰ درصد ارزن مرواریدی: ۲۰ درصد ذرت علوفه‌ای: ۱۰۰ درصد ذرت علوفه‌ای: ۰ درصد ارزن مرواریدی، به همراه تیمارهای کشت خالص ذرت علوفه‌ای و ارزن مرواریدی بودند. نتایج به دست آمده نشان داد، در مجموع دو برداشت بیشترین عملکرد خشک علوفه ارزن مرواریدی در بوته در آرایش، ۷۵ درصد ارزن مرواریدی: ۲۵ درصد ذرت علوفه‌ای (خشک در بوته) و همچنین بیشترین عملکرد خشک علوفه ذرت علوفه‌ای در بوته نیز در آرایش کشت، ۷۵ درصد ارزن مرواریدی: ۲۵ درصد ذرت علوفه‌ای (خشک در بوته) به دست آمد. نسبت‌های مختلف آرایش کشت مخلوط بر صفات کیفی قابلیت هضم علوفه، فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی و قندهای محلول در آب علوفه ارزن (چین دوم) و صفات کیفی قابلیت هضم علوفه، فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی، خاکستر کل، قندهای محلول در آب و پروتئین خام علوفه ذرت تأثیر معنی‌داری گذاشتند. در این آزمایش بیشترین میزان نسبت برابری زمین (LER) در علوفه خشک را آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد ذرت علوفه‌ای: ۸۰ درصد ارزن مرواریدی با ۶۰ درصد افزایش عملکرد ($LER=1/70$) به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: ارزن مرواریدی، ذرت علوفه‌ای، عملکرد خشک، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین.

Study the effect of intercropping maize and pearl millet on fodder yield quantity and quality

Mohsen Hosseinmardi¹, Seyed Mohammad Bagher Hosseini^{2*} and Mohammad Reza Jahansoz³
1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Associate Professor and Professor, University College of Agriculture & Natural Resources,
University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Apr. 21, 2015 - Accepted: Jul. 31, 2016)

ABSTRACT

To determine the effect of intercropping maize with pearl millet on dry fodder yield and quality an *experiment* was conducted at research field of Agriculture and Natural Resources College of Tehran University in Karaj in 2011. The experiment designed in a randomized complete block with four replications. Intercropping treatments included replacement series of pearl millet 25%: 75% forage maize, pearl millet 50%: 50% forage maize, pearl millet 75%: 25% forage maize and augment series of pearl millet 20%: 100% forage maize, pearl millet 40%: 100% forage maize, forage maize 20%: 100% pearl millet, forage maize 40%: 100% pearl millet plus pure culture both forage maize and millet. The results showed that sum of two harvest times gave the highest forage yield of millet per plant (dry) from treatment combination of pearl millet 75%: 25% forage maize. Similarly, the highest maize forage yield per plant (dry) from treatment combination of pearl millet 75%: 25% forage, respectively. Different arrangement of intercropping on quality traits, dry mater digestibility, acid detergent fiber and water soluble carbohydrates fodder millet (second harvest) and quality traits dry mater digestibility, acid detergent fiber, total ash, water soluble carbohydrates and crude protein fodder maize put a significant effect. In the experiment, the maximum amount of land equivalent ratio in the dry forage makeup additive intercropping 20% corn: 100% millet with a 60% performance increase allocated.

Keywords: Corn, dry yield, intercropping, land equivalent ratio, millet.

* Corresponding author E-mail: bhosseini@ut.ac.ir

مقدمه

در آستانه آغاز سده بیست و یکم، نیاز افزون‌تر به تأمین غذا، همواره انسان را به این تفکر واداشته تا با اتخاذ روش‌ها و تدابیر علمی و فنی، از منابع موجود در این کره خاکی بیشتر و بهتر بهره‌برداری کند و در این رهگذر چه بسا زیان‌های به واقع جبران‌ناپذیری را به محیط‌زیست خود و در نهایت به بوم‌نظام (اکوسیستم) وارد ساخته و می‌سازد. تولید رقم‌های پر محصول، کاربرد کودهای شیمیایی و سموم آفت‌کش از سویی سبب افزایش قابل توجه تولید غلات شد ولی از سوی دیگر، کاهش تنوع، آسیب و افت منابع آب و خاک و همچنین مصرف روز افزون انرژی فسیلی رابه همراه داشت. این روند چالش‌های زیست‌محیطی نیز در بر دارد که سبب طرح موضوع کشاورزی پایدار شد (Sullivan, 2003). از سویی با توجه به روند سریع و رو به افزایش جمعیت جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که بر پایه برآورد اداره آمار آمریکا در اکتبر ۲۰۱۲ بیش از ۷ میلیارد و ۴۶ میلیون نفر برآورد می‌شد، نشانگر آن بود که میزان نیاز به محصولات کشاورزی در این سال نسبت به سال ۲۰۰۰ در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش یافته است (Wikipedia., 2013).

کشت مخلوط به عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی، هدف‌هایی مانند ایجاد تعادل بوم‌شناختی (اکولوژیک)، بهره‌برداری بیشتر و بهتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش آسیب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند. کاهش وابستگی کشاورزان به آفتکش‌ها، به شرط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی آن، هدف اصلی کشت مخلوط در کشاورزی پایدار است (Ghosh, 2004; Fenandez-Aparicio, 2007; Lithourgidis, 2007).

دو گیاه ذرت علوفه‌ای^۱ و ارزن مرواریدی^۲ به جهت برخورداری از برخی ویژگی‌ها که در زیر بدان‌ها اشاره می‌شود برای این ترکیب کشت برگزیده شدند. دو گیاه به سبب آن‌که از اصلی‌ترین گیاهان چهار

کرنبه C4 هستند از این‌رو قابلیت و ظرفیت (پتانسیل) رشد بالایی دارند. هر دوی این گیاهان نسبت به شرایط گرم متحمل بوده و می‌توان از آن‌ها در مناطق گرم و نیمه‌خشک به‌عنوان منابع قابل اطمینان علوفه‌ای بهره‌جست (Khalatbary *et al.*, 2004). گیاه ذرت به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای عملکرد و انرژی بالایی داشته که نسبت به دیگر گیاهان علوفه‌ای به نیروی کارگری و ماشین‌ها و ادوات کشاورزی کمتری نیاز دارد (Contreras-Govea, 2009). گیاه ارزن نیز به جهت داشتن درصد بالایی از پروتئین (صفت کیفی) ترکیب مکملی مناسبی خواهند بود (Khalatbary *et al.*, 2004). همچنین ذرت منبع اولیه انرژی در صنعت دامداری جهان است که ارزش غذایی آن مربوط به قابلیت هضم آن است، ولی پروتئین خام پایینی دارد (Contreras-Govea, 2009). کشت مخلوط دو گیاه از لحاظ عملیات مدیریتی به نسبت همسان بوده و لذا از این‌رو مشکلات چندانی را ایجاد نمی‌کند. در این زمینه می‌توان به یکسانی زمان کشت و روش یکسان برداشت و دیگر موارد اشاره کرد. گیاه ارزن به سبب توان پنجه‌زنی بالا می‌تواند از رشد علف‌های هرز به‌طور چشمگیری جلوگیری کند. ارزن مرواریدی از نظر بیماری‌های برگری می‌تواند به‌عنوان یکی از عامل‌های کاهش شدت بیماری مؤثر باشد. (Khalatbary *et al.*, 2004).

با توجه به عامل‌های بالا و همچنین برتری و سودمندی‌های کلی روش کشت مخلوط، این دو گیاه به‌عنوان گیاهان شرکت‌کننده در ترکیب مخلوط برگزیده شدند تا به‌توان به مواردی همچون، بررسی برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی یا برعکس و تعیین برترین آرایش کشت مخلوط دست یافت.

مواد و روش‌ها

در سال ۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران (کرج) با طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شرقی و ۴۷ درجه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و مرطوب و آب و هوای مدیترانه‌ای، تحقیقی به منظور بررسی الگوی کشت

1. Forage maize
2. Pearl millet

مختلف کاشت بر پایه تیمارهای آزمایشی اختصاص داده شد. در بین هر کرت یک خط نکاشت و در بین هر دو تکرار ۱/۵ متر فاصله ایجاد شد. علف‌های هرز زیادی مانند: تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*)، خرفه (*Potulaca oleraceae*)، قیاق (*Sorghum halapense*) پیچک صحرائی (*Convolvulus arvensis*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و توق (*Xanthium strumarium*) در مزرعه مشاهده شدند که از این بین، تاج خروس به تنهایی علف هرز غالب در این قطعه زمین بود که در دو نوبت به صورت دستی وجین شدند.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. که تیمارها به شرح زیر در نظر گرفته شد:

PPPP <= P = ۱۰۰ درصد ارزن مرواریدی

ZZZZ <= Z = ۱۰۰ درصد ذرت علوفه‌ای

P3Z1 <= PPPZ = ۷۵ درصد ارزن مرواریدی: ۲۵

درصد ذرت علوفه‌ای

P1Z1 <= PZPZ = ۵۰ درصد ارزن مرواریدی: ۵۰

درصد ذرت علوفه‌ای

P1Z3 <= PZZZ = ۲۵ درصد ارزن مرواریدی: ۷۵

درصد ذرت علوفه‌ای

P20% <= PZ 20% = ۱۰۰ درصد ارزن مرواریدی:

۲۰ درصد ذرت علوفه‌ای

Z20% <= ZP 20% = ۱۰۰ درصد ذرت علوفه‌ای: ۲۰

درصد ارزن مرواریدی

P40% <= PZ 40% = ۱۰۰ درصد ارزن مرواریدی:

۴۰ درصد ذرت علوفه‌ای

Z40% <= ZP 40% = ۱۰۰ درصد ذرت علوفه‌ای: ۴۰

درصد ارزن مرواریدی

برای محاسبه عملکرد علوفه خشک برداشت در مورد ارزن مرواریدی در دو چین صورت گرفت. برداشت چین اول در اواسط مرداد ماه ۱۳۹۰ پس از رسیدن ارتفاع گیاه به حدود ۱,۵ متر انجام شد. به منظور حفظ اندوخته برای ادامه رشد گیاه و آغاز چین بعدی، بوته‌ها از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک به روش دستی و با داس برداشت شدند. پس از برداشت علوفه از سطح نمونه‌برداری، همه بوته‌های هر کرت از ارتفاع یادشده از سطح خاک بریده و از زمین

مخلوط ردیفی ذرت (رقم علوفه‌ای ۷۰۴) با ارزن مرواریدی (رقم علوفه‌ای نوتریفید) انجام شد که دو تیمار کشت خالص ذرت و ارزن هر کدام در چهار ردیف کاشت و پنج الگوی مخلوط ردیفی، گیاهان با یکدیگر در نسبت‌های مختلف کشت شد. خاک مزرعه آزمایشی از نظر بافت لوم-رسی با ۱/۶۴ درصد مواد آلی بود.

جدول ۱. نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Results of physical and chemical analysis of soil

Soil specifications	Amount
Clay (%)	23
Silt (%)	46
Sand (%)	31
Electrical conductivity of the saturation extract (dc / m)	1.33
Equivalent calcium carbonate (%)	6.4
Saturated mud acidity	7.41
Organic materials (%)	1.64
Total nitrogen (%)	0.16
Absorbable phosphor (mg / kg)	5.25
Absorbable potassium (mg / kg)	123.4
Absorbable iron (mg / kg)	4
Absorbable copper (mg / kg)	1.48
Absorbable zinc (mg / kg)	0.62
Absorbable manganese (mg / kg)	8.75

در بهار زمین محل آزمایش در آغاز شخم سطحی و به دنبال آن دیسک زده شد و سپس تسطیح شد. عملیات کاشت هر دو گیاه به صورت خشکه‌کاری در تاریخ ۲۸ اردیبهشت ماه انجام شد. بذر ذرت علوفه‌ای در روی خط با فاصله‌های معین (۱۰ سانتی‌متر) در شیار قرار گرفت و حدود ۵ سانتی‌متر روی آن‌ها خاک داده شد. در کشت ارزن مرواریدی نیز بذر در شیارهای مربوطه با فاصله‌های ۱۰ سانتی‌متری قرار گرفت و حدود ۲ سانتی‌متر روی آن‌ها خاک داده شد. فاصله خطوط از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در کشت مخلوط افزایشی فاصله بوته‌ها در کنار خطوط اصلی برای آرایش کاشت افزایشی ۲۰ درصد، ۵۰ سانتی‌متر و برای آرایش کاشت ۴۰ درصد، ۲۵ سانتی‌متر بود. تراکم کشت خالص و جایگزینی ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار است. تراکم در آرایش کاشت افزایشی ۲۰ درصد، ۲۴۰۰۰۰ بوته و در آرایش کاشت افزایشی ۴۰ درصد، ۲۸۰۰۰۰ بوته بود. آبیاری زمین به شکل جوی و پشته‌ای انجام گرفت. در مجموع، در هر کرت شش ردیف با فاصله ۰/۵ متر و به طول ۵ متر وجود داشت که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه کاشته شد و چهار ردیف کاشت نیز به الگوهای

در بوته‌ی علوفه‌ی ارزن در دو چین (به روش دانکن) نشان داد، کشت‌های مخلوط جایگزینی PPPZ و افزایشی ZP20% بالاترین عملکرد در بوته را دارند (شکل ۱).

از نظر آماری الگوهای کشت مخلوط جایگزینی PZPZ و افزایشی ZP40% در گروه دوم قرار گرفتند. کمترین میزان عملکرد در بوته‌ی علوفه‌ی ارزن را نیز تیمارهای کشت مخلوط افزایشی PZ40% و جایگزینی PZZZ به خود اختصاص دادند. از نتایج به‌دست‌آمده این نتیجه را می‌توان گرفت، کشت مخلوط جایگزینی PPPZ با حفظ عملکرد خود در هر دو چین توانسته است هم بالاترین عملکرد و هم با ثبات‌ترین عملکرد خشک در بوته‌ی ارزن را از خود نشان بدهد.

Hosseini *et al.* (2004) در بررسی کشت مخلوط ارزن مرواریدی و لوبیا چشم‌بلبلی بالاترین میزان عملکرد خشک تک‌بوته‌ی ارزن را در آرایش کشت مخلوط جایگزینی (۵۰ درصد ارزن مرواریدی: ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) و پایین‌ترین میزان آن را در تک‌کشی به‌دست آوردند.

عملکرد در بوته‌ی علوفه‌ی ذرت

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌ی واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی بر عملکرد در بوته‌ی علوفه‌ی ذرت معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌های مربوط به کشت مخلوط بر عملکرد در بوته‌ی علوفه‌ی ذرت (به روش دانکن) نشان داد، کشت‌های مخلوط جایگزینی PPPZ و افزایشی PZ20% بالاترین عملکرد در بوته را دارند (شکل ۲).

از نظر آماری الگوهای کشت مخلوط جایگزینی PZPZ و PZZZ و کشت خالص ZZZZ در گروه دوم قرار گرفتند. کمترین میزان عملکرد در بوته‌ی علوفه‌ی ذرت را نیز تیمارهای کشت مخلوط افزایشی ZP20% و ZP40% به خود اختصاص دادند. از نتایج به‌دست‌آمده این نتیجه را می‌توان گرفت که تراکم کمتر ذرت در تیمار جایگزینی PPPZ نسبت به تیمار افزایشی PZ20% باعث بیشتر در دسترس بودن عامل‌های محیطی می‌شود و در نتیجه وزن خشک بوته در این تیمار بیشتر از تیمار افزایشی می‌شود.

خارج شدند و برنامه‌ی آبیاری همانند با پیش از چین‌برداری ادامه یافت.

برداشت چین دوم نیز پس از رسیدن گیاهان به ارتفاع مطلوب صورت پذیرفت که این عملیات در اواخر مهر ماه همان سال و به همان شیوه‌ی چین پیشین انجام شد.

ذرت علوفه‌ای نیز همزمان با برداشت ارزن مرواریدی و در هنگام خمیری شدن دانه‌های بلال، نمونه‌برداری شد. برداشت ذرت همزمان با برداشت ارزن انجام گرفت، منتهی بوته‌ی گیاه به صورت کف بر، از سطح خاک برداشت شد. پس از برداشت علوفه از سطح نمونه‌برداری، همه‌ی بوته‌های هر کرت نیز دوباره از ارتفاع یادشده از سطح خاک بریده و از زمین خارج شدند و برنامه‌ی آبیاری همانند با پیش برای چین دوم ارزن ادامه یافت.

برای تجزیه‌ی کیفی علوفه‌ی ذرت و ارزن از نمونه‌های خشک‌شده پس از آسیاب یک نمونه به وزن تقریبی ۵۰ گرم جدا شد. سپس با استفاده از دستگاه طیف‌سنج فروقرمز نزدیک (NIR)^۱ عامل‌های کیفی مانند درصد پروتئین خام، خاکستر کل، قندهای محلول در آب، ماده‌ی خشک قابل هضم، فیبر خام و فیبرهای غیرمحلول در شوینده‌ی اسیدی در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C صورت پذیرفت. رسم نمودارها و جدول‌ها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام شد. در آغاز تجزیه‌ی واریانس ساده برای صفات اندازه‌گیری‌شده انجام پذیرفت و پس از آن میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد در بوته‌ی علوفه‌ی ارزن در مجموع دو چین

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌ی واریانس اثرگذاری الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی بر عملکرد در بوته‌ی علوفه‌ی ارزن در دو چین معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌های مربوط به کشت مخلوط بر عملکرد

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد در بوته علوفه ذرت علوفه‌ای

Table 3. Analysis of variance of yield per plant of corn fodder

Change Sources	Degrees of freedom	Mean sum of squares of corn dry forage
Block	3	2727.644*
Treatment	7	35847.044**
Mistake	21	811.791
Total	31	
C.V. (%)		13.13%

** و *: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵

** , *: Significantly difference at 0.01 and 0.05 the probability levels, respectively.

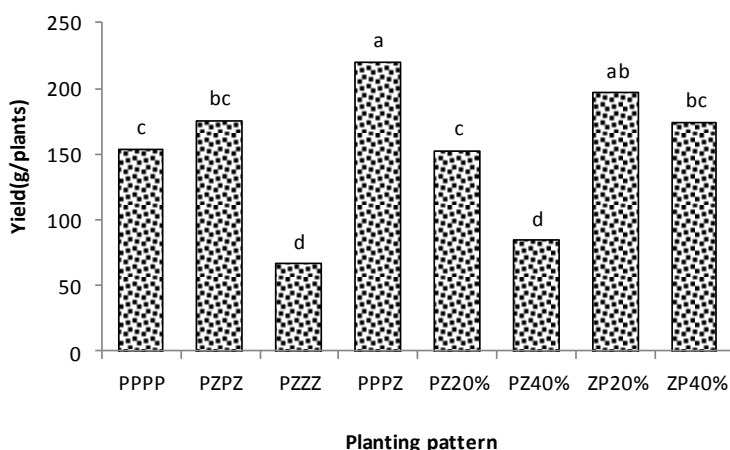
جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد در بوته علوفه ارزن مرواریدی (مجموع دو چین)

Table 2. Analysis of variance of yield per plant of pearl millet fodder (total of two harvests)

Change Sources	Degrees of freedom	Mean sum of squares of pearl millet dry forage
Block	3	892.525*
Treatment	7	11094.892**
Mistake	21	252.850
Total	31	
C.V. (%)		10.38%

** و *: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵

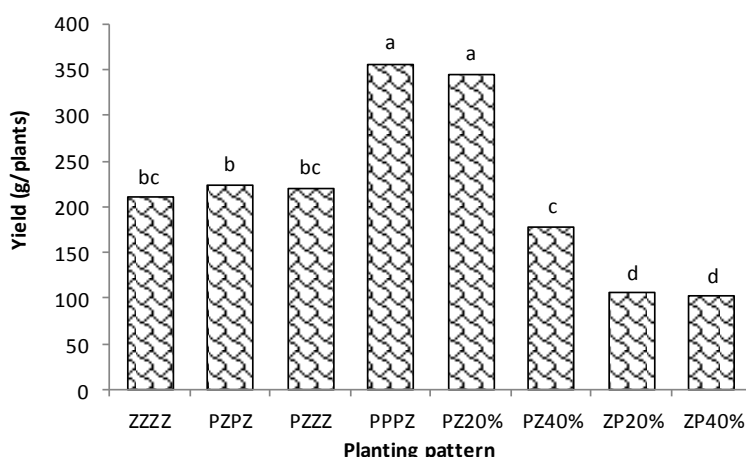
** , *: Significantly difference at 0.01 and 0.05 the probability levels, respectively.



Planting pattern

شکل ۱. مقایسه عملکرد در بوته علوفه خشک ارزن مرواریدی (مجموع دو چین) در سطوح مختلف مخلوط با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن؛ حروف P و Z، بیانگر ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای است. حروف‌های ناهمسان (a, b, c و d) معرف معنی‌دار بودن تیمارها است.

Figure 1. Comparison of yield per plant, pearl millet dry fodder (total of two harvests) at different levels of the mixture using Duncan multi- domain test; The letters P and Z represent pearl millet and forage corn. The dissimilar letters (a, b, c and d) indicative the meaningfulness of the treatments.



Planting pattern

شکل ۲. مقایسه عملکرد در بوته علوفه خشک ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف مخلوط با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن؛ حروف‌های P و Z، بیانگر ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای است. حروف‌های ناهمسان (a, b, c و d) معرف معنی‌دار بودن تیمارها است.

Figure 2. Comparison of yield per plant, corn dry fodder at different levels of the mixture using Duncan multi-domain test; The letters P and Z represent pearl millet and forage corn. The dissimilar letters (a, b, c and d) indicative the meaningfulness of the treatments.

ارزیابی عملکرد کیفی علوفه‌ی ارزن

نتایج تجزیه‌ی واریانس اثرگذاری الگوهای کشت مخلوط ردیفی بر صفات کیفی علوفه‌ی ارزن (درصد قابلیت هضم علوفه، درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده‌ی اسیدی و درصد قندهای محلول در آب) (جدول ۳) تفاوت معنی‌داری را ارائه می‌دهد. مقایسه‌ی میانگین الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی نشان داد، در چین اول همه‌ی آرایش‌های کشت درصد قابلیت هضم‌پذیری یکسانی داشته ولی در چین دوم بالاترین میزان درصد قابلیت هضم‌پذیری مربوط به آرایش کشت PPPP است. *Khalatbary et al.* (2004) در نتایج بررسی کشت مخلوط ردیفی ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای گزارش کردند، درصد قابلیت هضم‌پذیری علوفه‌ی ارزن در کشت مخلوط افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر کیفیت علوفه را می‌توان عملکرد علوفه‌ی خرده‌شده و قابل هضم تعریف کرد (Coleman & Moore, 2003).

در مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در رابطه با درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده‌ی اسیدی، علوفه‌ی خشک ارزن مرواریدی، در چین اول همه‌ی آرایش‌های کشت در یک سطح قرار گرفتند، گرچه در چین دوم با اینکه همه‌ی آرایش‌های کشت مخلوط در یک سطح بودند، ولی با یک اختلاف معنی‌داری از آرایش کشت خالص (PPPP) نیز بیشتر بودند. *Khalatbary et al.* (2004) در نتایج بررسی کشت مخلوط ردیفی ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای گزارش کردند، بالاترین درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده‌ی اسیدی ارزن مرواریدی را در کشت مخلوط (۵۰درصد ذرت خوشه‌ای: ۵۰درصد ارزن مرواریدی) و پایین‌ترین درصد را نیز در کشت مخلوط (۷۵درصد ارزن مرواریدی: ۲۵درصد ذرت خوشه‌ای) به‌دست آوردند. *Jahanzad et al.* (2009) نیز در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، در کشت مخلوط ارزن مرواریدی و سویا پایین‌ترین درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده‌ی اسیدی ارزن مرواریدی در کشت مخلوط (۶۰درصد ارزن نوتریفید: ۴۰درصد سویا) به‌دست آمد. لازم به یادآوری است که درصد بالای فیبرهای غیرمحلول در شوینده‌ی اسیدی در علوفه سبب کاهش قابلیت هضم و خوش خوراکی آن می‌شود (Mir et al., 2011).

در مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در رابطه با درصد قندهای محلول در آب علوفه‌ی خشک ارزن مرواریدی، در چین اول اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشده است، ولی در چین دوم بالاترین میزان درصد قندهای محلول در آب در کشت مخلوط افزایشی PZ20% است، پایین‌ترین درصد قندهای محلول در آب را نیز کشت مخلوط جایگزینی PZZZ به خود اختصاص داد. *Khalatbary et al.* (2004) در نتایج بررسی کشت مخلوط ردیفی ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای گزارش کردند، درصد قندهای محلول در آب علوفه‌ی ارزن در کشت مخلوط افزایش می‌یابد.

همینطور، *Jahanzad et al.* (2009) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، کشت مخلوط ارزن مرواریدی با سویا موجب افزایش میزان قندهای محلول در آب علوفه‌ی ارزن می‌شود.

بررسی عملکرد کیفی علوفه‌ی ذرت

نتایج تجزیه‌ی واریانس اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی بر صفات کیفی علوفه‌ی ذرت (درصد قابلیت هضم علوفه، درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده‌ی اسیدی، درصد خاکستر کل، درصد قندهای محلول در آب و درصد پروتئین خام، جدول ۴) تفاوت معنی‌داری را ارائه می‌دهد. مقایسه‌ی میانگین الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی نشان داد، بالاترین میزان درصد قابلیت هضم‌پذیری مربوط به آرایش کشت PZ40% است، *Dahmardeh et al.* (2011) در نتایج بررسی کشت مخلوط ردیفی ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی گزارش کردند، بیشترین درصد قابلیت هضم‌پذیری علوفه‌ی ذرت در آرایش کشت مخلوط افزایشی (۱۰۰درصد ذرت: ۱۰۰درصد لوبیا چشم‌بلبلی) و (۱۰۰درصد ذرت: ۵۰درصد لوبیا چشم‌بلبلی) است.

Khalatbary et al. (2004) نیز در نتایج بررسی‌های خود مشاهده کردند، بالاترین درصد قابلیت هضم علوفه‌ی ذرت خوشه‌ای در کشت مخلوط (۷۵درصد ذرت خوشه‌ای: ۲۵درصد ارزن مرواریدی) به‌دست آمده است.

در مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای

گزارش کردند بیشترین درصد قندهای محلول در آب در تیمار ذرت خالص (بدون گیاه لگوم) مشاهده شده است. Khalatbary *et al.* (2004) در نتایج بررسی کشت مخلوط ارزن مرواریدی و ذرت خوشه‌ای بالاترین درصد قندهای محلول در آب، ذرت خوشه‌ای را در کشت مخلوط جایگزینی (۷۵ درصد ذرت خوشه‌ای: ۲۵ درصد ارزن مرواریدی) به دست آوردند.

در مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در رابطه با درصد پروتئین خام، علوفه خشک ذرت، بالاترین درصد پروتئین خام، در آرایش کشت مخلوط افزایشی PZ20% به دست آمد. Khalatbary *et al.* (2004) در نتایج بررسی کشت مخلوط ارزن مرواریدی و ذرت خوشه‌ای نشان دادند، بالاترین درصد پروتئین خام در ذرت خوشه‌ای را تک‌کشتی به خود اختصاص داده است. Sistasch & Sing (1991) و Sood & Sharma (1992) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، کشت مخلوط ذرت خوشه‌ای با لگوم باعث افزایش میزان پروتئین خام علوفه شد. Herbert *et al.* (1984) در نتایج بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا مشاهده کردند، پروتئین تولیدی در همه الگوهای مختلف استفاده شده، ۸ تا ۱۷ درصد نسبت به تک‌کشتی بیشتر است.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه خشک ارزن در الگوهای کشت مخلوط

Table 4. Comparison of mean qualitative traits of millet dry fodder in intercropping patterns

Treatments	First harvest*			Second harvest		
	DMD	ADF	WSC	DMD	ADF	WSC
PPPP	58.76	32.08	13.17	57.87 ^a	29.85 ^b	3.90 ^{bc}
PZPZ	56.60	32.31	13.93	51.10 ^{bc}	36.31 ^a	3.71 ^{bc}
PZZZ	57.21	33.10	13.42	50.68 ^{bc}	37.53 ^a	3.48 ^c
PPPZ	55.29	35.27	12.84	48.89 ^c	38.10 ^a	4.55 ^{abc}
PZ20%	57.95	33.61	12.40	51.57 ^{bc}	36.74 ^a	5.52 ^a
PZ40%	56.30	34.11	13.74	54.94 ^{ab}	33.02 ^{ab}	4.28 ^{abc}
ZP20%	57.17	33.54	14.41	53.33 ^{abc}	35.44 ^a	4.94 ^{ab}
ZP40%	56.74	34.42	13.48	51.71 ^{bc}	36.52 ^a	5.02 ^{ab}

حرف‌های ناهمسان معرف معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ است (با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن). *: صفات درصد قابلیت هضم علوفه، فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و قندهای محلول در آب در چین اول معنی‌دار نشده است و تنها برای مقایسه با چین دوم آورده شده است.

The dissimilar letters indicative the meaningfulness of the treatments at a probability level of 0.01 and 0.05 (Using Duncan's multi-domain test) *: Traits of dry matter digestibility (DMD), acid detergent fiber (ADF) and water soluble carbohydrates (WSC) in the first harvest are not meaningful and are only for comparison with the second harvest.

دانکن در رابطه با درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی، علوفه خشک ذرت، بالاترین درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی، در آرایش کشت مخلوط افزایشی PZ20% به دست آمد. پایین ترین درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی، را هم آرایش کشت مخلوط افزایشی PZ40% به خود اختصاص داد.

Khalatbary *et al.* (2004) در نتایج بررسی کشت مخلوط ارزن مرواریدی و ذرت خوشه‌ای بالاترین درصد فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی ذرت خوشه‌ای را در کشت مخلوط جایگزینی (۵۰ درصد ذرت خوشه‌ای: ۵۰ درصد ارزن مرواریدی) و پایین‌ترین درصد آنرا در کشت مخلوط جایگزینی (۷۵ درصد ارزن مرواریدی: ۲۵ درصد ذرت خوشه‌ای) به دست آوردند. Ghanbari & Lee (2003) در نتایج بررسی‌های خود بیان کردند، محتوای فیبرهای غیرمحلول در شوینده اسیدی در کشت مخلوط گراس و لگوم کاهش می‌یابد.

در مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در رابطه با درصد خاکستر کل علوفه خشک ذرت، بالاترین درصد خاکستر کل، در آرایش کشت مخلوط افزایشی PZ20% به دست آمد. محتوای خاکستر علوفه شامل مواد کانی است. مواد کانی برای ساخت ویتامین‌ها، تولید هورمون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها، ساخت بافت و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک که بستگی به رشد، سلامتی و تولید دارد، مورد نیاز هستند (Greene *et al.*, 1998).

Khalatbary *et al.* (2004) در نتایج بررسی کشت مخلوط ارزن مرواریدی و سورگوم بالاترین درصد خاکستر کل، ذرت خوشه‌ای را در کشت مخلوط (۵۰ درصد ذرت خوشه‌ای: ۵۰ درصد ارزن مرواریدی) به دست آوردند.

در مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در رابطه با درصد قندهای محلول در آب علوفه خشک ذرت، بالاترین درصد قندهای محلول در آب، در آرایش کشت مخلوط افزایشی PZ40% به دست آمد. Nazari *et al.* (2013) در نتایج بررسی تأثیر زمان‌های مختلف برداشت بر عملکرد و کیفیت علوفه ذرت در شرایط کشت مخلوط با گیاهان لگومینه

افزایشی ZP20% نیز با $LER=0.74$ عنوان نامناسب‌ترین الگوی کشت مخلوط را در این آزمایش به خود اختصاص داد (جدول ۵ و شکل ۳). این نتایج با مشاهده‌های (Khalatbary *et al.* (2004) مغایرت دارد. (Khalatbary *et al.* (2004) برای همه تیمارهای علوفه خشک LER بالاتر از ۱/۴ به دست آوردند.

جدول ۶. مقایسه LER و عملکرد کل علوفه خشک ارزن (مجموع دو چین) و ذرت (بر حسب کیلوگرم در هکتار) در الگوهای کشت مخلوط

Table 6. Comparison of LER and yield total dry fodder of millet (total of two harvests) and corn (in kg / ha) in intercropping patterns

Treatments	LER	Yield total dry fodder of millet	Yield total dry fodder of corn
ZZZZ	-	-	41478.25 ^a
PPPP	-	31270.71 ^a	-
PZPZ	1.22	17553.75 ^b	27212 ^{bc}
PZZZ	0.84	3198.81 ^c	30913.75 ^b
PPPZ	1.55	34163.75 ^a	19164.75 ^d
PZ20%	1.60	34031.50 ^a	21296.56 ^{cd}
PZ40%	0.98	17543.50 ^b	18424.25 ^d
ZP20%	0.74	7447.50 ^c	20951.25 ^{cd}
ZP40%	0.92	13979 ^b	19663.25 ^d

حرف‌های P و Z، بیانگر ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای است. حرف‌های ناهمسان معرف معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ است (با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

The letters P and Z represent pearl millet and forage corn. Dissimilar letters indicative the meaningfulness of the treatments at a probability level of 0.01 and 0.05 (Using Duncan's multi-domain test).

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه خشک ذرت در الگوهای کشت مخلوط

Table 5. Comparison of mean qualitative traits of corn dry fodder in intercropping patterns

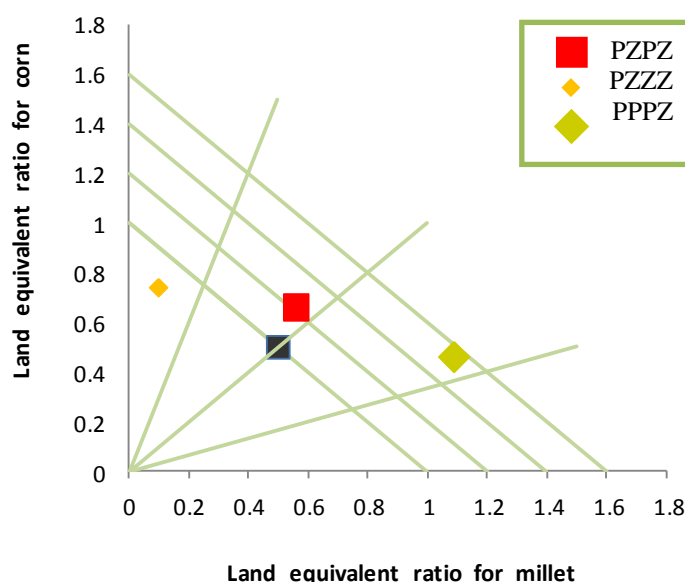
Treatments	DMD	ADF	ASH*	WSC	CP*
ZZZZ	64.85 ^c	17.44 ^{bc}	5.11 ^b	23.25 ^{ab}	12.31 ^{abc}
PZPZ	72.61 ^{ab}	12.32 ^{cd}	5.63 ^{ab}	24.75 ^{ab}	11.68 ^{bc}
PZZZ	68.66 ^{abc}	17.09 ^{bc}	4.96 ^b	21.67 ^{ab}	12.26 ^{abc}
PPPZ	67.20 ^{bc}	18.69 ^b	5.48 ^{ab}	19.67 ^{bc}	13.59 ^{ab}
PZ20%	65.10 ^c	25.98 ^a	6.16 ^a	15.62 ^c	13.05 ^{ab}
PZ40%	74.94 ^a	10.50 ^d	5.09 ^b	25.51 ^a	10.85 ^c
ZP20%	66.37 ^{bc}	17.08 ^{bc}	5.47 ^{ab}	21.82 ^{ab}	13.94 ^a
ZP40%	66.49 ^{bc}	16.09 ^b	5.25 ^b	24.70 ^{ab}	11.51 ^{bc}

حرف‌های ناهمسان معرف معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ است (با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

The dissimilar letters indicative the meaningfulness of the treatments at a probability level of 0.01 and 0.05 (Using Duncan's multi-domain test) *: Traits of ash (ASH) and crude protein (CP).

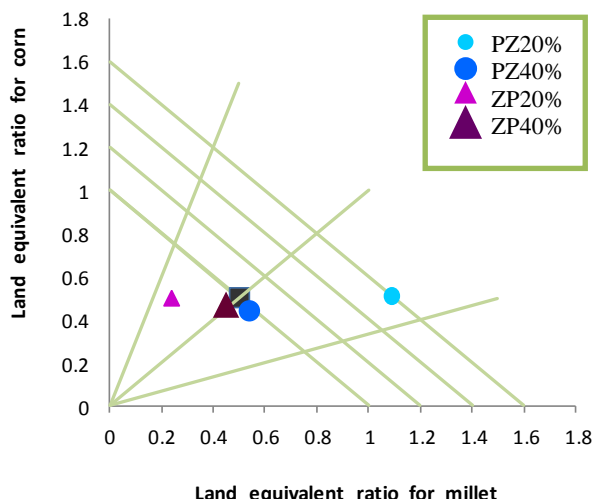
محاسبه نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین (LER) به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی کشت مخلوط استفاده می‌شود (Banik *et al.*, 2006). نتایج به دست آمده از چین اول و دوم علوفه خشک ارزن و بیوماس کل (مجموع دو چین) بیانگر سودمندی تولید علوفه در الگوی مخلوط افزایشی PZ20% نسبت به الگوی تک‌کشتی ارزن و ذرت با $LER=1/60$ است (جدول ۵ و شکل ۴). کشت مخلوط جایگزینی PPPZ با $LER=1/55$ در رتبه بعد قرار گرفت (جدول ۵ و شکل ۳). الگوی کشت مخلوط



شکل ۳. نسبت برابری زمین (LER) در مخلوط ارزن مرواریدی، مجموع دو چین (علوفه خشک): ذرت علوفه‌ای (علوفه خشک) در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی است. حرف‌های P و Z، بیانگر ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای است.

Figure 3. Land equivalent ratio (LER) in pearl millet mix, total of two harvests (dry fodder): forage corn (dry fodder) in intercropping replacement patterns. The letters P and Z represent pearl millet and forage corn.



شکل ۴. نسبت برابری زمین (LER) در مخلوط ارزن مرواریدی، مجموع دو چین (علوفه خشک): ذرت علوفه‌ای (علوفه خشک) در آرایش‌های کشت مخلوط افزایشی است. حرف‌های P و Z، بیانگر ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای است.

Figure 4. Land equivalent ratio (LER) in pearl millet mix, total of two harvests (dry fodder): forage corn (dry fodder) in intercropping incremental patterns. The letters P and Z represent pearl millet and forage corn.

برابری زمین را کشت‌های مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد ذرت علوفه‌ای: ۷۵ درصد ارزن مرواریدی و افزایشی ۱۰۰ درصد ارزن مرواریدی: ۲۰ درصد ذرت علوفه‌ای به خود اختصاص داده است. ولی در اندازه‌گیری‌های ویژگی‌های کیفی هیچ تیماری ملاحظه نشد که بتواند در بیشتر صفات کیفی بهترین عملکرد را داشته باشد. به‌طور کلی نتایج، گویای برتری و سودمندی کمی و کیفی الگوهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای بوده است، زیرا در کشت مخلوط به علت تنوع زیستی (بیولوژیک) بیشتر در زمان و مکان، امکان بهره‌برداری مؤثرتر از منابع تولید فراهم می‌شود.

نتیجه‌گیری

در آغاز باید گفت، این آزمایش در کل تنها برای پی بردن به این بود که کشت دو گیاه ارزن مرواریدی و ذرت علوفه‌ای در کنار همدیگر نسبت به جداگانه کشت شدن چه واکنشی در میزان عملکرد (خشک) از خود بروز می‌دهند. البته در این آزمایش سعی شده که تأثیر عامل‌های جانبی دیگر از جمله کود شیمیایی و علف هرز روی عملکرد این گیاهان کاهش یابد (با استفاده نکردن از کود شیمیایی و وجین علف‌های هرز در دو مرحله). با لحاظ کردن شرایط بالا در بیشتر اندازه‌گیری‌ها بالاترین عملکرد کمی (علوفه خشک) و بالاترین نسبت

REFERENCES

1. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K. & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24(4), 325-332.
2. Contreras-Govea, F. E., Muck, R. E., Armstrong, K. L. & Albrecht, K. A. (2009). Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science and Technology*, 150, 1-8.
3. Contreras-Govea, F. E., Muck, R. E., Armstrong, K. L. & Albrecht, K. A. (2009). Fermentability of corn-lablab bean mixtures from different planting densities. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3), 298-306.
4. Coleman, S. E. & Moore, J. E. (2003). Feed quality and animal performance. *Field Crops Research*, 84, 17-29.
5. Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Siiah Sar, B. & Ramroudi, M. (2011). Effect of planting and harvest time on quality of forage maize intercropping with cowpea. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(3), 633-642. (in Farsi)
6. Fenandez-Aparicio, M., Sillero, J. C. & Rubials, D. (2007). Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection*, 26, 1166-1172.

7. Ghanbari, A. & Lee, H. C. (2003). Intercropped wheat (*Triticum aestivum*.) and bean (*Vicia faba*.) as a whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. *Grass and Forage Science*, 58(1), 28- 36.
8. Ghosh, P.K. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut /cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, 88, 227-237.
9. Greene, W. L., Johnson, A. B., Paterson, J. & Ansotegui, R. (1998). Role of trace minerals in cow-calf cycle examined. *The Weekly Newspaper for Agribusiness*. Feedstuffs, August 17, 1998, from www.multiminusa.com/.../role_of_trace_minerals_in_cow-calf_cycle.
10. Herbert, S. J., Putnam, S. H., Poos-Floyd, N. M., Vargas, A. & Creighton, J. F. (1984). Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. *Agronomy Journal*, 76, 507-10.
11. Hosseini, S. M. B., Mazaheri, D., Jahansouz, M. & Yazdi Samadi, B. (2004). *Eco-physiology intercropping pearl millet and cowpea*. Ph. D. dissertation, University of Tehran, Iran. (in Farsi)
12. Jahanzad, E., Hosseini, S. M. B. & Mazaheri, D. (2009). *Effects of Nitrogen fertilizer and different planting proportions in Millet-Soybean Substitutive intercropping*. M. Sc. dissertation, University of Tehran, Iran. (in Farsi)
13. Khalatbary, A., Hosseini, S. M. B., Majnoun Hosseini, N. & Mazaheri, D. (2004). *Study the effect of intercropping sorghum and pearl millet on fodder yield quantity and quality*. M. Sc. dissertation, University of Tehran, Iran. (in Farsi)
14. Lithourgidis, A. S., Dhima, K. V., Vasilakoglou, I. B., Dordas, C. A. & Yiakoulaki, M. D. (2007). Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(2), 95-99.
15. Mazaheri, D. (1998) *Intercropping*. (2nd ed.). Tehran University Publications. (in Farsi)
16. Nazari, Sh., Zaefarian, F., Farahmandfar, E., Zand, E. & Azimi Souran, S. (2013). The effect of harvest time on forage yield and quality of maize under intercropping with legume plants. *Iranian Journal of Field Crops Research*. Manuscript 12, Retrieved February 15, 2015, from jm.um.ac.ir/index.php/arable/article/view/39155. (in Farsi)
17. Sistachs, M. & Sing, L. (1991). Intercropping of forage sorghum, maize and soybean during establishment of different grasses in amontmorillonitic soil II. Guinea grass (*Panicum maxicum*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 25(1), 83-87.
18. Sood, B. R. & Sharma, V. K. (1992). Effect of nitrogen level on the yield and quality of forage sorghum intercropping with legumes. *Indian Journal of Agronomy*, 37(4), 642-644.
19. Sullivan, P. (2003). Applying the principle of sustainable farming. Retrieved July 12, 2017, ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service, from ipm.ifas.ufl.edu/pdfs/Applying_the_Principles_of_Sustainable_Farming.pdf?pub=295].
20. Vandermeer, J. (1992). *The ecology of intercropping*. Great Britain University Press. Cambridge.
21. Wikipedia. (2013). *World population*. fa.wikipedia.org/wiki/World_population. (in Farsi)