Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۸۰-۲۶۷

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 267-280

بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و شاخص‌های کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

مهدی شریفی نژاد[۱]، احمد قنبری[۲] و علیرضا سیروس مهر[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

شریفی نژاد، م.، قنبری، ا.، و سیروس مهر، ع.ر. ۱۳۹۷. بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و شاخص‌های کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۸۰-۲۶۷.

چکیده

به منظور بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و کیفیت علوفه کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. تیمارها شامل کاشت خالص ذرت، ۱۰۰٪ ذرت + ۱۵٪ لوبیا، ۱۰۰٪ ذرت + ۳۰٪ لوبیا، ۱۰۰٪ ذرت + ۴۵٪ لوبیا، ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ لوبیا و کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی بود. نتایج نشان داد که جذب نور، رطوبت خاک و دمای خاک سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. کشت‌های مخلوط، میزان تابش جذب شده و رطوبت بیشتری را در طول فصل رشد کسب نمودند و دمای کمتری نیز نسبت به تک‌کشتی خود داشتند. همچنین نتایج نشان داد، شاخص‌های کیفی علوفه، غلظت پروتئین خام (CP) و میزان خاکستر ذرت در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی افزایش یافت و غلظت دیواره سلولی (NDF)، فیبرهای نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF) ذرت کاهش یافت، به‌نحوی‌که بیشترین میزان پروتئین خام (۹/۴۱ درصد)، خاکستر (۱۲/۱۶ درصد) و قابلیت هضم ماده خشک ذرت (۷۲/۷۷ درصد) از نسبت کاشت ۱۰۰٪ ذرت+ ۶۰٪ لوبیا چشم بلبلی و بیشترین میزان NDF (۴۶/۶۶ درصد)، ADF (۲۶/۶۶ درصد) از کشت خالص ذرت به‌دست آمد. به‌دلیل همبستگی منفی بین ADF و قابلیت هضم ماده خشک (DMD) با کاهش یافتن غلظت ADF قابلیت هضم علوفه افزایش پیدا کرد. بیشترین عملکرد علوفه خشک از کشت مخلوط ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ لوبیا (۱۴/۶۱ $t.h^{-1}$) در حالی‌که کمترین عملکرد از کشت خالص لوبیا (۰/۹۳ $t.ha^{-1}$) به‌دست آمد. به‌طور کلی،کشت مخلوط به لحاظ تولید کمی و کیفی علوفه نسبت به کشت‌های خالص برتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، تولید ماده خشک، دمای خاک، سیستم‌های کاشت، منابع رشد

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی از خانواده غلات[۴] دارای تنوع ژنتیکی و سازگاری بالا سومین گیاه زراعی ایران و جهان بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) می‌باشد، در شرایط آبیاری در مقایسه با سایر گیاهان زراعی پتانسیل عملکرد بالاتری دارد (Nour Mohammadi et al., 2007). ذرت از مهمترین گیاهان علوفه‌ای کیفیت غذایی آن پایین‌تر از بقولات اما محصول به‌دست آمده آن‌ها در واحد سطح بیشتر از بقولات است، به‌دلیل وجود مقادیر کافی گلوسیدهای محلول در بافت این گیاه به‌خوبی قابل سیلو شدن است (Karimi, 1996). به‌علاوه، لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) گیاهی از خانواده لگومینوز و زیر خانواده پروانه آساها که منشأ آن را آفریقا بیان کردند، دانه‌های لوبیا چشم بلبلی محتوای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین، ۱/۸درصد چربی ۶۰/۳ درصد کربوهیدارت که نقشی مهم در تغذیهٔ انسان و دام دارد (Majnoon Hoseini, 2008).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استاد و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: asirousmehr@uoz.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.60479
4 -Poaceae

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از شیوه‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید بوم-نظام‌های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط کشت است (Raei et al., 2011). کشت مخلوط یک سیستم مدیریت محصول شامل کشت دو یا چند محصول در یک قطعه زمین که حداقل بخشی از دوره رشد و نمو با یکدیگر تداخل داشته، باعث ایجاد رقابت بین گونه‌ها شود (Willey, 1979). کشت مخلوط به عنوان مهمترین راه افزایش تنوع زیستی، در اکوسیستم‌های کشاورزی معرفی شده است (Mazaheri et al., 2006). به دلایل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده مؤثر از منابع رشد در دسترس (نور، آب، مواد غذایی و هوا) (Li et al., 2003). استفاده بهتر از زمین، ثبات عملکرد (Singh & Usha, 2003). بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن حاصل از بقولات و افزایش پوشش سطح خاک در مقابل فرسایش (Lemlem, 2013) می‌باشد. نتایج مطالعات نشان داده است که برتری اکولوژیک کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی نتیجه استفاده کارآمدتر از منابع محیطی، به‌خصوص استفاده از نور خورشید است که این انرژی در طول فرآیند ذخیره شده و تبدیل به زیست‌توده گیاهی می‌شود (Koocheki et al., 2016). بهره‌برداری از منابع، نیازمند تیپ ایده‌آل گیاه زراعی و انتخاب تراکم مناسب کاشت است که در کمترین زمان، تمام آشیان اکولوژیک را اشغال نمایند. در نتیجه استفاده مؤثر از نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت جداگانه داشته باشد (Vander Meer, 1989). در سیستم‌های کشت مخلوط کارآمد، گیاهان C_4 در معرض نور کامل خورشید و گیاهان C_3 در زیر تاج پوشش گیاهی گیاهان C_4 قرار می‌گیرند، هر دو گیاه حداکثر سرعت فتوسنتز را خواهند داشت و بخش اعظم کل نور خورشیدی که به کانوپی برخورد می‌کند، جذب و به ترکیبات آلی تبدیل می‌شود (Awal et al., 2006).

از عوامل مهم تولید در مدیریت گیاهان علوفه‌ای، بالا بودن کیفیت علوفه می‌باشد که موجب افزایش راندمان تغذیه دام می‌شود (Ghanbari & Lee, 2003). در ارزیابی عملکرد کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) کمترین وزن بلال از کشت خالص ذرت و کمترین وزن تک بوته و ساقه ذرت از کشت یک ردیف ذرت دو ردیف بادام زمینی به‌دست آمد، گزارش کردند که بهره‌مندی از عوامل محیطی مؤثر بر رشد گیاه تداوم فتوسنتز و تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی در ساقه و بلال ذرت در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی می‌تواند از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد علوفه تر ذرت در کشت مخلوط با بادام زمینی تلقی شود (Nabati Nasaz et al., 2016). در کشت مخلوط لگوم‌ها و غیرلگوم نیتروژن تثبیت شده می‌تواند مورد استفاده خود گیاه لگوم قرار گیرد و یا ممکن است از طریق سیستم ریشه به محیط ریزوسفر دفع شود، سبب تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان کشت شده و کاهش رقابت گردد (Frankow & Dahlin, 2013). مناسب‌ترین سیستم‌های کاشت مخلوط یک گیاه لگوم و یک گیاه غلات کشت شود، نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم در دسترس غلات قرار می‌گیرد و غلات اغلب اسیدهای آمینه‌ای را که بقولات با آن مواجه هستند، در جیره غذایی فراهم می‌کنند و مجموعه این دو، رژیم غذایی با کیفیتی را اعم از پروتئین‌ها و کربوهیدارت‌ها برای انسان و دام فراهم می‌کند (Najafi et al., 2012).

لوبیا چشم بلبلی توانایی بالایی در تثبیت نیتروژن خاک‌های فقیر و تحمل سایه‌اندازی را دارد، بنابراین قابلیت رشد و کشت همراه با دیگر غلات را فراهم می آورد به همین منظور، لزوم اجرای آزمایش کشت لوبیا چشم بلبلی با ذرت در اقلیم‌های خشک ضروری است. این آزمایش با هدف استفاده بهینه از منابع، افزایش سودمندی و کیفیت علوفه کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه، دارای اقلیم خشک و بسیار گرم می‌باشد. بر پایه آمار ایستگاه هواشناسی زابل میانگین دراز مدت (۳۰ ساله) بارندگی در منطقه ۶۳ میلی‌متر، میزان تبخیر سالیانه به‌طور میانگین ۵۰۰۰-۴۵۰۰ میلی‌متراست. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار به روش افزایشی انجام شد. تیمارها عبارت بودند از؛ کشت خالص ذرت (M)،۱۰۰ درصد ذرت + ۱۵ درصد لوبیا (M_1)، ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا (M_2)، ۱۰۰ درصد ذرت + ۴۵ درصد لوبیا (M_3)، ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا (M_4) و تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی (C) بود. بذرها، ذرت رقم هیبرید ماکسیما دومنظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) از گروه میان‌رس و لوبیا چشم بلبلی با تیپ رشدی رونده و نامحدود استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of soil in experimental site

بافت (لومی- شنی) Texture (Sandy-loam)			فسفر قابل جذب (میلی‌گرم برکیلو گرم)	درصد نیتروژن	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	اسیدیته
رس (٪) Sand (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Clay (%)	Available P ($mg.kg^{-1}$)	N (%)	Available K ($mg.kg^{-1}$)	EC ($\mu mhos.cm^{-1}$)	pH
68	17	15	13.4	0.04	293	1.9	7.3

عملیات آماده‌سازی زمین مورد نظراز اواسط اسفندماه ۹۳ شخم، دیسک و یک دیسک سبک قبل از کاشت انجام شد. جهت بهبود خصوصیات خاک میزان پنج تن کود دامی پوسیده به همراه ۷۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریبل در هکتار بر اساس آزمون خاک در سطح زمین مورد آزمایش پخش شد و با فرض تثبیت نیتروژن توسط لوبیا چشم بلبلی و تأمین نیاز کودی ذرت از کود نیتروژن باهدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی استفاده نگردید. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، مزرعه کرت‌بندی شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۳ متر شامل پنج ردیف کاشت، فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها یک متر در نظر گرفته شد. تراکم مناسب لوبیا ۱۶۰ هزار بوته و ذرت ۹۰ هزار بوته در هکتار محاسبه شد. در تیمارهای افزایشی ذرت گیاه اصلی و با نظر گرفتن اپتیمم تراکم گیاهی لوبیا چشم بلبلی در زراعت تک‌کشتی (۱۶۰ هزار بوته) تراکم‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درصد محاسبه شد. عملیات کاشت بذرها هر دو گونه روی پشته در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر با تراکم بالا همزمان انجام شد. پس از استقرار کافی گیاهچه‌های اضافی حذف شدند (تاریخ کاشت ۲۰ اسفندماه ۹۳). آبیاری بسته به نیاز گیاهان با دور ۷ روز تا زمان برداشت، به‌صورت جوی پشته‌ای صورت گرفت. عوامل محیطی شامل؛ جذب نور، دمای خاک و رطوبت خاک در طول فصل رشد، دو مرحله ۶۰ و ۷۵ روز پس از کاشت اندازه‌گیری شد. جذب نور توسط پوشش گیاهی با استفاده از دستگاه تشعشع‌سنج (مدل TES 1333) بین ساعت ۱۳-۱۲ در سه نقطه هر کرت به‌صورت تصادفی اندازه‌گیری شد. درصد تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR[1]) جذب‌شده، میزان نور بالای سطح کانوپی (PAR^A) و پایین سطح کانوپی (PAR^B) و بر اساس معادله ۱ محاسبه شد (Tsubo & Waalker, 2005).

$$\%PAR=[1-(\frac{(PAR)B}{(PAR)A})]\times 100$$ معادله (۱)

دمای خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک، سه نقطه از هر کرت بین ردیف‌های میانی اندازه‌گیری و میانگین دمای سه نقطه به‌عنوان دمای خاک آن کرت در نظر گرفته شد. درصد رطوبت خاک سه روز پس از آبیاری مزرعه در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) در سه نقطه بین ردیف‌های میانی هر کرت اندازه‌گیری شد، جذب آب نسبت نور متفاوت می‌باشد. نور عاملی است باید در همان لحظه برای فتوسنتز استفاده شود، بر خلاف آب نمی‌تواند به وسیله سیستم‌های کشت ذخیره شود (Ghanbari-Bonjar, 2000).

تاریخ برداشت در ۱۵ خرداد ۹۴، ذرت در مرحله خمیری دانه و لوبیا چشم بلبلی در مرحله تشکیل غلاف به‌طورهمزمان با رعایت اثر حاشیه‌ای از وسط هر کرت دو مترمربع برداشت شدند، سپس نمونه‌ها تفکیک به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند، وزن خشک آن‌ها تعیین گردید.

جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی با استفاده از معادله ۲، نسبت برابری زمین[1] (LER) محاسبه شد (Vandermeer, 1992).

$$LER = Y_{ab}/Y_{aa} + Y_{ba}/Y_{bb}$$ معادله (۲)

Y_{ab}: عملکرد ماده خشک ذرت در کشت مخلوط، Y_{ba}: عملکرد ماده خشک لوبیا در کشت مخلوط، Y_{aa}: عملکرد ماده خشک ذرت در کشت خالص، Y_{bb} : عملکرد ماده خشک لوبیا در کشت خالص.

برای تعیین ترکیبات شیمیایی علوفه از محصول برداشت شده،

1- Photosynthesis active radiation

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدا سه بوته هرگونه (ساقه، برگ و دانه) جداگانه آسیاب نموده، سپس با توجه به عملکرد محصول هر گونه در کشت مخلوط، پودرها را با یکدیگر مخلوط نموده، و صفات کیفی از جمله؛ الیاف نامحلول در شوینده اسیدی،[1] خنثی[2] پروتئین خام و خاکستر[3] اندازه‌گیری شدند. محتوی نیتروژن نمونه‌ها ابتدا با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری، ضربدر ضریب پروتئینی ۶/۲۵ درصد پروتئین خام محاسبه شد (Jensen, 1996). برای تعیین درصد خاکسترخام، دو گرم از نمونه‌ها در بوته چینی ریخته (از هر تیمار سه تکرار) سپس بوته‌ها را در درون کوره الکتریکی به مدت شش ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده، درصد خاکستر نمونه‌ها طبق معادله ۳ محاسبه شد (Jensen, 1996):

معادله (۳) $\%Ash=(z-x)\ (y-x)\times 100$

X =وزن بوته چینی

y= وزن بوته چینی + نمونه گیاه قبل از کوره

z= وزن بوته چینی + نمونه گیاه بعد از کوره

اندازه‌گیری فیبر نامحلول در شوینده خنثی[4] و اسیدی طبق روش ون سوست انجام شد (Van soest, 1991). درصد ماده خشک قابل هضم طبق معادله ۴ برآورد شد (Aydin et al., 2010).

معادله (۴) $DDM= 88.9 - (0.779\times ADF\%)$

در نهایت، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.2 مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)[5] انجام شد.

نتایج و بحث

جذب تابش فعال فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد، میزان جذب (PAR) در سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). جذب تشعشع در کانوپی تیمارهای مخلوط و کشت خالص لوبیا (C) بیشتر از خالص ذرت بود. افزایش جذب PAR در تیمارهای مخلوط به‌دلیل بسته شدن سریع کانوپی و افزایش پوشش سطح خاک می‌باشد. از نظر میزان جذب PAR تیمار خالص لوبیا با تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. روند جذب نور در سیستم‌های کاشت در ۷۵ روز پس از کاشت نسبت به ۶۰ روز افزایش یافت به نحوی که تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی با ۸۰/۰۵ درصد بالاترین جذب نور را داشت و کمترین جذب نور متعلق به کشت خالص ذرت بود (جدول ۳). به‌دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی آرایش شاخ برگ شکل کانوپی، ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی جذب نور در کشت مخلوط به طور مؤثرتر مورد استفاده قرار گرفت. در سیستم‌های کاشت، ذرت با ارتفاع بلندتر، پتانسیل فتوسنتزی بیشتر و برگ‌های عمودی‌تر و لوبیا گونه کوتاه‌تر از فتوسنتز بالقوه کمتر و برگ‌های افقی‌تر برخوردار می‌باشد، نوری که در بالای کانوپی توسط ذرت جذب نشده در پایین کانوپی توسط لوبیا جذب شده، در نتیجه موجب افزایش کارایی جذب PAR کشت‌های مخلوط شده است. سایر محققین نتایج مشابه‌ای در جذب PAR کشت‌های مخلوط به‌دست آوردند، درکشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بیشترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بوده است، زیرا در این حالت جامعه گیاهی در زمانی کوتاه‌تر زمین را پوشانده و بدین ترتیب، جذب و کارایی استفاده از تشعشع را افزایش می‌دهد (Eskandari & Alizadeh, 2016).

همچنین در کشت مخلوط ارزن و ماش، میزان تشعشع جذب شده در تیمار ۴۵ درصد ماش + ۱۰۰ درصد ارزن در بالاترین میزان خود بود و کمترین تابش جذب شده در تیمار خالص ماش وجود داشت (Khatamipour et al., 2014). در بررسی کشت مخلوط گندم و باقلا (*Vicia faba* L.)، PAR را با کارایی بیشتری نسبت به خالص جذب کردند، چرا که تشعشعات خورشیدی ممکن است به خاطر رشد کم گندم در ابتدای فصل و پیری باقلا در انتهای فصل هدر رود، می‌توان با کشت مخلوط گندم و باقلا با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار گیرد (Ghanbari & Lee, 2003) به طور کلی، با تغییر الگوی کشت خالص به سمت مخلوط تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد، در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) بیشترین تجمع ماده خشک در تیمارهای کشت مخلوط و کمترین میزان در تیمار خالص به‌دست آوردند (Koocheki et al., 2016; Koocheki et al., 2009).

1- Land equivalent ratio
2- Acid detergent fiber
3- Ash
4- Neutral detergent fiber
5- Least significant difference

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس جذب نور (درصد)، رطوبت خاک (درصد) و دمای خاک (درجه سانتی‌گراد) در سیستم‌های کاشت

Table 2- Analysis of variance in light interception (%), soil moisture (%) and soil temperature (C°) in planting systems

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	جذب نور Light interception		رطوبت خاک Soil moisture		دمای خاک Soil temperature	
		روز ۶۰ Day 60	روز ۷۵ Day 75	روز ۶۰ Day 60	روز ۷۵ Day 75	روز ۶۰ Day 60	روز ۷۵ Day 75
تکرار Replication	2	11.86	1.53	11.33	19.53	0.18	0.54
سیستم کاشت Planting system	5	8.24*	18.06*	19.58*	29.08*	4.72*	7.28*
خطا Error	10	2.15	6.77	3.34	5.10	0.46	0.55
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		1.94	3.34	11.21	14.26	2.58	2.77

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

*:Significant at the 5% probability level.

محتوی رطوبت خاک: میزان رطوبت خاک تحت تأثیر سیستم‌های کاشت قرار گرفت (جدول ۲). درصد رطوبت خاک کشت‌های مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص آن‌ها بود، بالاترین درصد رطوبت خاک در کشت‌های مخلوط، کمترین نیز از تک‌کشتی ذرت (M) و لوبیا (C) به‌دست آمد (جدول ۳). در کشت‌های خالص به دلیل تراکم کمتر برخورد مستقیم نور، تبخیر سطحی خاک افزایش یافت و در تیمارهای با تراکم بالاتر (M_3 و M_4) جذب آب بهتر صورت گرفته سبب کاهش اتلاف آب از خاک شد. در مناطق خشک کشت مخلوط راه حلی برای حفظ آب به‌شمار می‌رود، زیرا نقش تعرق در کاهش خشک شدن خاک بیشتر از تبخیر است. در این سیستم‌های کاشت، سطح خاک توسط لوبیا چشم بلبلی پوشانده شد و ذرت به‌صورت حفاظت فیزیکی علیه باد موجب شد، انرژی ورودی باد به سطح مزرعه کاهش یابد، در نتیجه بخشی از تبخیر کاهش یافت. از سویی، آبی که توسط گیاه ذرت جذب شده بیشتر در معرض تعرق قرارگرفت، کاهش تبخیر و تعرق از سطح خاک و سطح برگ‌های پایین کانوپی به وسیله سایه‌اندازی ذرت موجب افزایش رطوبت نسبی و حفظ رطوبت خاک کشت‌های مخلوط شد. با میکرواقلیم ایجاد شده سبب بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و تثبیت زیستی نیتروژن توسط گونه لگوم در کشت مخلوط فراهم می‌شود. در مطالعه مشابه انجام شده، در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) رطوبت قابل دسترس را نسبت به محصولات تک‌کشتی گزارش کردند، افزایش شاخص سطح برگ، متراکم‌تر بودن کانوپی باعث حفظ رطوبت خاک و افزایش جذب آب در طول فصل رشد گردید، مزیت کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در مصرف بهینه آب، در مناطق خشک عنوان کردند (Walker & Ogindo, 2003). نتایج پژوهشی نشان داد که بهره‌برداری از منابع در کشت مخلوط افزایش یافت. سیستم کشت مخلوط روشی مناسب است که می‌تواند مقدار آب قابل دسترس گیاه و بهره‌برداری از آن را از طریق تأمین پوشش گیاهی، بهبود نفوذ پذیری خاک (به‌وسیله محافظت آن از برخورد قطرات باران) و نسبت تعرق به تبخیر را افزایش دهد (Mazaheri, 1998).

دمای خاک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دمای خاک تحت تأثیر سیستم‌های کاشت قرار گرفت، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). درجه حرارت خاک در کشت‌های مخلوط به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از کشت خالص آن‌ها بود، بیشترین دمای خاک مربوط به کشت خالص ذرت (M) و کمترین نیز مربوط تیمار مخلوط M_4 بود (جدول ۳). کاهش دما می‌تواند به‌دلیل جذب نور بیشتر و افزایش سایه‌اندازی توسط تاج پوشش گیاهی مخلوط باشد. در مطالعه کشت مخلوط آفتابگردان و باقلا، بوته‌های آفتابگردان با ایجاد سایه‌اندازی موجب تعدیل دمای کانوپی و افزایش دوام سطح برگ باقلا شده است، افزایش رطوبت نسبی و کاهش دمای خاک در نتیجه کاهش خشک شدن و ریزش برگ‌های باقلا

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش کردند (Mehmet et al., 2007). در این تحقیق، سایه‌اندازی ذرت موجب کاهش دمای خاک و کاهش تعرق در لایه‌های پایین‌تر کانوپی کشت‌های مخلوط شده است، زیرا هنگامی یک گیاه C_3 در کانوپی گیاه C_4 قرار گیرد اثرات مثبت سایه‌اندازی بیش از اثرات منفی آن است. این موضوع می‌تواند در کارآیی مصرف آب بهبود فتوسنتز و افزایش کلرفیل برگ گیاه لوبیا چشم بلبلی مؤثر باشد. به‌عنوان مثال، در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و ارزن (*Panicum miliaceum* L.) میزان کلروفیل برگ افزایش یافت، علت این امر را ناشی سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط سویا نسبت داده‌اند (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

جدول ۳- مقایسه میانگین جذب نور (درصد)، رطوبت خاک (درصد) و دمای خاک (درجه سانتی‌گراد) در سیستم‌های کاشت

Table 3- Mean comparison light interception (%) Soil moisture (%) of soil temperature (C°) in planting systems

سیستم‌های کاشت Planting system	جذب نور Light interception		رطوبت خاک Soil moisture		دمای خاک Soil temperature	
	Day 60	Day 75	Day 60	Day 75	Day 60	Day 75
M	73.39^{b*}	73.96^{c}	13.33^{b}	11.73^{c}	29^{a}	28.83^{a}
M_1	74.66^{ab}	75.63^{bc}	15.10^{ab}	18.80^{a}	27^{ab}	28.33^{a}
M_2	75.12^{ab}	79.4^{ab}	19.43^{a}	19^{a}	27.56^{ab}	26.13^{bc}
M_3	76.92^{a}	79.42^{ab}	19.16^{a}	17.76^{ab}	26.16^{bc}	25.5^{c}
M_4	78.02^{a}	80.05^{a}	16.66^{ab}	14.8^{abc}	24.5^{c}	25 ^{c}
C	75.96^{ab}	78.41^{ab}	14.24^{b}	13^{bc}	28^{a}	27.66^{ab}
LSD %	3.45	4.32	4.73	4.64	2.16	1.93

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

*Means in each column followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

M: کشت خالص ذرت، M_1: ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۵ درصد لوبیا، M_2: ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا، M_3: ۱۰۰ درصد ذرت + ۴۵ درصد لوبیا، M_4: ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا و C: تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی

M: 100% maize, M_1: 100% maize + 15% cowpea, M_2: 100% maize + 30% cowpea, M_3: 100% maize + 45% cowpea, M_4:100% maize + 60% cowpea and C: 100% cowpea

ارزیابی کیفیت علوفه

پروتئین خام CP: نتایج تجزیه واریانس نشان داد، میزان پروتئین خام سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بود (جدول ۴). کمترین درصد پروتئین خام در تیمار خالص ذرت و بیشترین آن در تیمار خالص لوبیا چشم بلبلی بود. پروتئین خام ذرت در کشت مخلوط افزایش یافت، به‌نحوی‌که بالاترین محتوی پروتئینی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بود (جدول ۵). افزایش درصد پروتئین خام در کشت مخلوط به توانایی تثبیت نیتروژن لوبیا چشم بلبلی ارتباط دارد، ذرت و لوبیا چشم بلبلی در مصرف نیتروژن مکمل هم هستند. بدین صورت که ذرت نیتروژن مورد نیاز خود را از خاک جذب می‌کند، در حالی‌که لوبیا چشم بلبلی قسمت اعظم نیتروژن مورد نیاز از راه تثبیت بیولوژیکی. در نتیجه باعث کاهش رقابت در جذب نیتروژن غیر آلی می‌شود. درصد پروتئین در بافت‌های گیاه لوبیا چشم بلبلی حدود دو برابر ذرت بود، هنگامی که به‌صورت مخلوط مورد استفاده دام قرار گیرد موجب افزایش رشد دام و تولید شیر می‌شود. بنابراین، لوبیا چشم بلبلی را می‌توان به‌عنوان یکی از ارزان‌ترین مکمل‌های پروتئینی در جیره غذایی دام‌ها مورد استفاده قرار داد. در مطالعه مشابه انجام شده گزارش شد، به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی پروتئین خام ذرت افزایش یافت و پروتئین خام لوبیا در کشت خالص حدود دو برابر ذرت بود (Eskandari & Javanmard, 2013). افزایش غلظت پروتئین دانه گندم در کشت مخلوط گندم- باقلا به دلیل کاهش رقابتی لگوم در جذب نیتروژن معدنی خاک عنوان کردند (Yahuza, 2011). همچنین، در کشت مخلوط ذرت و باقلا (*Vicia faba* L.) اثرات کود نیتروژن را پس از برداشت بررسی کردند، کشت مخلوط سبب افزایش جذب N و محتوی پروتئین بالاتر علوفه شد و در کشت خالص باقی‌مانده غلظت نیترات در خاک را گزارش شد. کشت مخلوط یک استراتژی مهم به جهت کاهش آلودگی ناشی از نیترات باقی مانده، در مقایسه با کشت خالص می‌باشد (Stoltz & Nadeau, 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

فیبر نامحلول در شوینده خنثی [1](NDF)

فیبر نامحلول در شوینده اسیدی [2](ADF)

میزان NDF و ADF در سیستم‌های کاشت ($p\leq0.05$) تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۴). مقدارNDF از دیواره سلولی کل، متشکل از بخشADF (سلولز و لیگنین) به علاوه همی‌سلولز تشکیل شده، مقدار فیبر شوینده خنثی در فرمول جیره‌نویسی دام‌ها مهم می‌باشد، زیرا مقدار مصرف علوفه را توسط دام را نشان می‌دهند (Van soest, 1991). در آزمایش حاضر، تیمار خالص ذرت دارای بالاترین میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی بود، با افزایش درصد لوبیا در نسبت‌های کاشت، سبب متعادل‌تر شدن غلظت‌های NDF و ADF علوفه شد (جدول ۵). به دلیل فیبری‌تر بودن نسبت ساقه به برگ گیاه ذرت است که مقدار سلولز، لیگنین و همی‌سلولز در تیمار خالص ذرت افزایش یافت و نسبت بالای برگ به ساقه گیاه لوبیا چشم بلبلی، میزان پروتئین خام افزایش و بخش‌های خشبی و لیگنینی علوفه کاهش یافتند.

محتوی الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF) نشان‌دهنده سهم دیواره سلولی در علوفه بوده که شامل لیگنین و سلولز است، این صفت نشانگر قابلیت هضم علوفه توسط دام می‌باشد، معمولاً با افزایش این شاخص از قابلیت هضم علوفه کاسته می‌شود (Albayrak et al., 2011).

در بررسی کشت مخلوط باقلا و گندم محتوی پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب (Wsc) افزایش و محتوی الیاف شوینده خنثی(NDF) و اسیدی (ADF) کاهش یافتند (Ghanbari & Lee, 2003). کشت مخلوط لگوم و گراس علاوه بر این‌که هر دو ماده مغذی کربوهیدرات و پروتئین وجود دارد، دیگر خصوصیات کیفی علوفه نیز بهبود پیدا می‌کند، به‌طوری‌که در آزمایشی با هدف بررسی عملکرد کیفی کشت مخلوط ذرت و نخود (*Cicer arietinum* L.) بیان شد که NDF در کل تولید کاهش می‌یابد، از این رو ترکیب لگوم با ذرت علوفه‌ای می‌تواند غلظت‌های NDF و ADF را کاهش دهد که نشان دهنده افزایش جذب علوفه است (Kirksey & Laurial, 2004).

خاکستر: میزان خاکستر در سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بود (جدول ۴). بیشترین میزان خاکستر را تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی و کمترین میزان آن از کشت خالص ذرت به‌دست آمد با افزایش درصد لوبیا چشم بلبلی در نسبت‌های کاشت، به میزان خاکستر علوفه نیز افزوده شد (جدول ۵). افزایش خاکستر می‌تواند به‌دلیل بهبود جذب عناصر غذایی در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت باشد. خاکستر انواع املاح و مواد معدنی مورد نیاز دام، اعم از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را تأمین می‌کند. این مواد جهت فعالیت‌های متابولیکی و سلامت دام لازم است، درصد خاکستر به‌طور مستقیم با کیفیت علوفه مرتبط است (Anil et al., 2000). نتایج مشابهی نیز در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (Dahmardeh et al., 2010)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) (Ghanbari et al., 2016). مبنی بر جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش درصد خاکستر گردیده است.

قابلیت هضم ماده خشک DMD: بین سیستم‌های کاشت از نظر قابلیت هضم ماده خشک تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). تیمار خالص ذرت دارای کمترین و تیمار خالص لوبیا دارای بیشترین قابلیت هضم ماده خشک را داشتند. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بالاترین قابلیت هضم علوفه مربوط به تیمار ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ لوبیا چشم بلبلی به میزان ۷۲/۷۷ درصد بود (جدول ۵). قابلیت هضم ماده خشک (DMD) تحت تأثیر میزان فیبر نامحلول در شوینده اسیدی قرار گرفت. به‌دلیل همبستگی منفی بین ADF و قابلیت هضم ماده خشک، با کاهش یافتن غلظت ADF قابلیت هضم علوفه (DMD) افزایش پیدا کرد.

در مطالعه کیانی و همکاران (Kiani et al., 2014) در کشت مخلوط جو و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) افزایش قابلیت هضم علوفه گزارش کردند که بالاترین میزان پروتئین خام و قابلیت هضم ماده خشک از تیمار ۱۰۰ درصد رازیانه و بالاترین میزان فیبرخام از تیمار ۱۰۰ درصد جو به‌دست آمد. در بررسی کشت مخلوط ۲ رقم هیبرید ذرت (۳۰۱ و ۷۰۴) با ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.)، گاودانه (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) و لوبیا بیان داشتند که بیشترین قابلیت هضم ماده خشک در کشت مخلوط ذرت هیبرید ۳۰۱ با گاودانه، ماشک گل خوشه‌ای و لوبیا چشم بلبلی حاصل شد (Javanmard & Eskandari, 2014).

1- Neutral detergent fiber
2- Acid detergent fiber

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های کیفیت علوفه و عملکرد علوفه خشک ذرت و لوبیا چشم بلبلی در سیستم‌های کاشت

Table 4- Analysis of variance (mean of squares), forage quality indices and dry matter yield of maize and cowpea in cropping systems

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	پروتئین خام Crude protein	فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	قابلیت هضم ماده خشک Digestible dry matter	خاکستر Ash	عملکرد علوفه خشک ذرت Maize dry forage yield	عملکرد علوفه خشک لوبیا چشم بلبلی Cowpea dry forage yield
تکرار Replication	2	1.45	4.32	3.90	2.81	0.18	2.46	24.20
سیستم کاشت Planting system	5	34.55*	168.75*	9.64*	13.53*	9.18*	392850.2*	6306000*
خطا Error	10	0.38	13.58	1.80	1.26	0.17	8.217	44.70
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		6.83	6.70	5.93	1.56	7.71	2.34	0.29

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

*: Significant at the 5% probability level.

جدول ٥- مقایسه میانگین پروتئین خام CP، فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی NDF، اسیدیADF، ماده خشک قابل هضم DMD، خاکستر Ash و عملکرد علوفه خشک ذرت و لوبیا چشم بلبلی در سیستم‌های کاشت

Table 5- Mean comparisons for crude protein CP, NDF, ADF, DMD, ash and dry forage yield maize and cowpea in the planting systems

سیستم‌های کاشت Planting system	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Digestible dry matter (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	عملکرد علوفه خشک ذرت (تن در هکتار) Maize dry forage Yield ($t.h^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک لوبیا چشم بلبلی (تن در هکتار) Cowpea dry forage Yield ($t.h^{-1}$)
M	6.22^{e}	46.66^{a}	25.66^{a}	69.27^{c}	8.66^{d}	11.63^{e}	-
M_1	6.78^{de}	42.33^{ab}	22.30^{bc}	71^{bc}	9.83^{cd}	12.22^{d}	0.93^{e}
M_2	7.53^{cd}	37.66^{b}	23.60^{ab}	70.83^{bc}	9.5^{cd}	12.44^{b}	1.65^{d}
M_3	8.03^{c}	40.33^{b}	22.43^{bc}	71.51^{b}	11.16^{bc}	12.30^{c}	1.91^{c}
M_4	9.41^{b}	38.16^{b}	22^{b}	72.77^{b}	12.16^{ab}	12.56^{a}	2.05^{b}
C	15.46^{a}	24.50^{c}	20.06^{c}	75.48^{a}	13.16^{a}	-	4.72^{a}
LSD (%)	1.23	6.70	2.39	2.03	0.76	5.38	8.58

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

*Means in each column followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

M: کشت خالص ذرت، M_1: ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۵ درصد لوبیا، M_2: ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا، M_3: ۱۰۰ درصد ذرت + ۴۵ درصد لوبیا، M_4: ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا و C: تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی

M: 100% maize, M_1: 100% maize + 15% cowpea, M_2: 100% maize + 30% cowpea, M_3: 100% maize + 45% cowpea, M_4:100% maize + 60% cowpea and C: 100% cowpea

عملکرد نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثـر تیمارهـای مختلـف

www.SID.ir

Archive of SID

کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بر عملکرد ماده خشک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴) بیشترین عملکرد علوفه خشک ذرت در کشت مخلوط از نسبت کاشت ۱۰۰ درصد ذرت و ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی با ۱۲/۵۶ و کمترین علوفه خشک آن از کشت خالص با ۱۱/۶۳ تن در هکتار به‌دست آمد. بیشترین عملکرد علوفه خشک لوبیا از کشت خالص با ۴/۷۲ تن در هکتار از کشت خالص حاصل شد. با افزایش تراکم لوبیا، حداکثر تا ۹ بوته (۴۵ درصد) در متر مربع، عملکرد لوبیا افزایش به طور معنی‌داری افزایش یافت، عملکرد ۱۲ بوته (۶۰ درصد) با تفاوت کمتر افزایش یافت. کاهش عملکرد نسبت ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی می‌تواند به علت رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای در کشت مخلوط باشد. بیشترین مجموع عملکرد دو گونه از تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا با ۱۴/۶۱ تن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). در مطالعات کشت مخلوط ذرت و باقلا- گندم و باقلا نشان دادند که کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی گونه‌ها محصول بیشتری تولید می‌کند و همچنین پایداری بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند درصد ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، ظرفیت کاتیون تبادلی و فعالیت‌های آنزیمی خاک را بیشتر حفظ می‌کند (Wang et al., 2015). در پژوهش حاضر نیز، تفاوت در پتانسیل تولیدی علوفه خشک گونه‌ها مشاهده شد. از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد استفاده بهتر از منابع (جذب نور و آب) و افزایش جذب عناصر غذایی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. در سیستم‌های کشت مخلوط احتمالاً تراوش اسیدهای آلی از ریشه دو گیاه موجب انحلال فسفات‌های نامحلول خاک شده و در نتیجه فسفر قابل جذب در دسترس گیاه ذرت قرار گرفته است. مزیت کشت مخلوط برای غلات از طریق مکانیسم‌های تسهیل شده توسط لگوم که مسئول دسترسی به فسفر معدنی توسط اسیدی شدن ریزوسفر طی تثبیت N_2 است. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است، عملکرد دانه ذرت در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به کشت خالص ذرت افزایش یافت (Latati et al., 2014). نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که وزن خشک، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط با ذرت افزایش یافت (Maurice et al., 2010).

یکی از شاخص‌های مهم در تعیین کیفیت علوفه نسبت دانه به کل بیوماس می‌باشد. گیاهانی مانند سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و ذرت در اواخر دوره رشد نسبت دانه به علوفه آن‌ها افزایش می‌یابد، نسبت دانه به کل زیست‌توده بخش عمده‌ای از تولید را به خود اختصاص می‌دهد (Young et al., 1996). برداشت ذرت در مرحله خمیری عمدتاً دانه‌ها دارای ترکیبات قابل هضمی مانند نشاسته و پروتئین هستند، باعث افزایش کیفیت علوفه می‌شود و هچنین ذرت در مرحله خمیری حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد رطوبت دارد، سیلو کردن آن با گیاهان خانواده لگوم به‌نحو مطلوب انجام می‌شود. فرآیند سیلو کردن گیاهان خانواده لگوم به‌تنهایی به‌دلیل مقدار اندک محصول و گلوسیدهای محلول به آسانی انجام نمی‌شود، از طرفی، سیلو خالص ذرت محتوای پروتئین و قابلیت هضم پایین‌تری برخوردار است. از این رو، بهتر است سیلو گیاهان لگوم همراه با ذرت انجام شود که در کشت مخلوط این امکان فراهم شد.

ارزیابی کشت مخلوط

برای محاسبه سودمندی کشت مخلوط و مقایسه آن با کشت خالص از شاخص LER استفاده شد، نسبت برابری زمین در سیستم‌های کشت مخلوط بالاتر از یک به‌دست آمد (جدول ۶). در کشت مخلوط علی رغم اینکه دو گونه باهم به رقابت می‌پردازند باعث افزایش عملکرد می‌شود بیشترین LER =۱/۵۱ از تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد. معادل ۵۱ درصد افزایش بهره‌برداری از زمین نسبت به کشت خالص نشان داد. در رابطه با شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط کنجد و بادام زمینی گزارش شد، مخلوط ۶۶ درصد کنجد- ۳۳ درصد بادام زمینی بالاترین LER در مقایسه با تیمارهای دیگر دارد (Haruna et al., 2013). در مطالعه کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی با اثر فاصله ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، بیشترین عملکرد بادام زمینی از فاصله ردیف کمتر به‌دست آمد، دلیل این امر را افزایش تعاملات بین گونه‌ای در مخلوط ۵۰ درصد ذرت – ۵۰ درصد بادام زمینی و تسهیل در استفاده از نور، آب و منابع دیگر نسبت داده و نتیجه گرفتند که در یک سیستم کشت مخلوط علاوه بر تفاوت‌های مورفولوژیکی و ساختار اجزای تشکیل‌دهنده، فواصل مطلوب بین ردیف‌های کاشت از عوامل مؤثر بر شاخص‌های رقابتی و سودمندی کشت مخلوط محسوب می‌شوند (Rajaii et al., 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- مقادیر عملکرد نسبی و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی
Table 6- Relative yield and land equivalent ratio in intercropping maize with cowpea

سیستم‌های کاشت Planting systems	عملکرد ذرت در کشت مخلوط/ عملکرد ذرت در کشت خالص Ymc/Ymm	عملکرد لوبیا در کشت مخلوط/ عملکرد لوبیا در کشت خالص Ycm/Ycc	نسبت برابری زمین LER
M_1	1.05	0.19	1.24
M_2	1.07	0.34	1.41
M_3	1.05	0.40	1.45
M_4	1.08	0.43	1.51

Ymc: محصول ذرت در کشت مخلوط، Ymm: محصول ذرت در تک‌کشتی، Ycm: محصول لوبیا در کشت مخلوط، Ycc: محصول لوبیا در تک‌کشتی، Total LER : نسبت برابری کل

Ymm and Ycc: are yields of pure stands of maize and cowpea, Ymc and Ycm: are yields of maize and cowpea in the intercropping system, respectively. LER: land equivalent ratio

M_1: ۱۰۰٪ ذرت + ۱۵٪ لوبیا، M_2: ۱۰۰٪ ذرت + ۳۰٪ لوبیا، M_3: ۱۰۰٪ ذرت + ۴۵٪ لوبیا، M_4: ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ ذرت

M_1: 100% maize + 15% cowpea, M_2: 100% maize + 30% cowpea, M_3: 100% maize + 45% cowpea, M_4:100% Maize + 60% Cowpea

نتیجه‌گیری

نتایج کلی آزمایش نشان داد کـه LER در سیسـتم‌هـای کشـت مخلوط بالاتر از یک به‌دست آمد، اجرای کشت مخلوط در مقایسه بـا کشت خالص سودمند بود، افزایش LER بیانگر بهره‌بـرداری مـؤثر از منابع، به‌ویژه آب و تابش خورشـیدی اسـت. عـلاوه بـر ایـن، کشـت مخلوط سبب افزایش کیفیت علوفه شد. نظر به اینکه از عوامـل مهـم تولید در مدیریت گیاهان علوفه‌ای بالا بودن کیفیت علوفه مـی‌باشـد. استفاده از کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی سبب افزایش کیفیت علوفه از لحاظ محتوی پروتئینی شد، به نحوی‌که از تیمار ۱۰۰ درصد ذرت+ ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بـالاترین عملکـرد علوفـه خشـک، درصد پروتئین و قابلیت هضم ماده خشک حاصل شد. بنابراین، کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی را می‌توان به‌عنوان یکی از راهکارهای افزایش امنیت غذایی، تلفیق زراعت و دامپروری در مناطق گرمسیری و اراضی کم بازده مورد استفاده قرار داد.

سپاسگزاری

بـدین‌وسـیله از مسـئولین آزمایشـگاه تحقیقـات و پژوهشـکده کشاورزی دانشگاه زابل به‌جهت همکاری تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary)

Albayrak, S., Turk, M., Yukel, O., and Yilmaz, M. 2011. Forage yield and quality of perennial legume – grass mixtures under rainfed conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici 39(1): 114-118.

Anil, L., Park, J. and Phipps, R.H. 2000. The potential of forage- maize intercrops in ruminant nutrition. Animal Feed Science and Technology 85: 157-164.

Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.

Aydın, N., Mut, Z., Mut, H., and Ayan, I. 2010. Effect of autumn and spring sowing dates on hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes. Journal of Animal and Veterinary Advances 9(10): 1539-1545.

Eskandari, H., and Alizadeh-Amraie, A. 2016. Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. Journal of Agroecology 8(2): 227-240. (In Persian with English Summary)

Eskandari, H., and Javanmard, A. 2013. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize (*Zea*

www.SID.ir

Archive of SID

mays) and cow pea (*Vigna sinensis*). Journal of Agricultural Science 23(4): 102-110.

Frankow-Lindberg, B.E., and Dahlin, A.S. 2013. N_2 fixation, N transfer, and yield in grassland communities including a deep-rooted legume or non-legume species. Plant and Soil 370: 567-581.

Ghanbari, S., Moradi Telavat, M.R., and Siadat, S.A. 2016. Effect of manure application on forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 17(4): 315-328. (In Persian with English Summary)

Ghanbari-Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean as a low-input forage. Wye College. University of London. PhD dissertation, London, England.

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: effect of nitrogen on forage yield and quality. Journal of Agricultural Science 138: 311-314.

Haruna, M., Aliyu, L., and Maunde, S.M. 2013. Competitive behavior of groundnut in sesame/groundnut intercropping system under varying poultry manure rates and planting arrangement. Sustainable Agricultural Research 2(3): 22-26.

Javanmard, A., and Eskandari, H. 2014. Investigation of some competition and forage quality indices in different intercropping patterns of maize with vetch, common bean, bitter vetch and berseem clover. Journal of Crop Production 7(3): 89-108. (In Persian with English Summary)

Jensen, E.S. 1996. Grain yield, symbiotic N_2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea of barley intercrops. Plant and Soil 182: 25-38.

Karimi, H. 1996. Forage Crops Breeding and Cultivation. Tehran University Publications, Tehran, Iran. (In Persian)

Khatamipour, M., Asgharipour, M.R, and Sirousmehr, A. 2014. Intercropping benefits of foxtail millet (*Setaria italica*) with Mungbean (*Vigna radiata*) as influenced by application of different manure levels. Journal of Agricultural Science 24(3): 76-90.

Kiani, S., Siadat, S.A., Moradi-Telavat, M.R., Abdali-Mashhadi., A.R., and Sari, M. 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on forege yield and of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 16(2): 77-90. (In Persian with English Summary)

Kirksey, R.E., and Laurialt, L.M. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern high plains, USA. Journal of American Society of Agronomy 96: 352-358.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology 1(1): 13-23. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Solouki, H., and Karbor, S. 2016 .Evaluation of radiation absorption and use efficiency in substitution intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Vigna radiata* L.). Advances in Plants and Agriculture Research 3(5): 109-124.

Latati, M., Blavet, D., Alkama, N., Laoufi, H., Drevon, J.J., Gérard, F., Pansu, M., and Ounane, S.M. 2014. The intercropping cowpea–maize improves soil phosphorus availability and maize yields in an alkaline soil. Plant and Soil 85: 181-191.

Lemlem, A. 2013. The effect of intercropping maize with cowpea and lablab on crop yield. Herald International Journal of Agriculture and Forestry 2(5): 156-170.

Li, L., Zhang, F., Li, X., Christie, P., Sun, J., Yang, S., and Tang, C. 2003. Interspecific facilitation of nutrient uptake by intercropped maize and faba bean. Nutrient Cycling in Agroecosystems 65(1): 61-71.

Majnoon Hoseini, N. 2008. Culture and Production Leguminous, Tehran University Publication Jahad, Tehran. Iran. (In Persian)

Maurice, G., Albert, N., and Isidore, T. 2010. Altering time of intercropping cow pea (*Vigna unguinculata* L.) relative to maize (*Zea mays* L.): A food Production strategy to increase crop yield attributes in Adamawa-Cameroon. Journal of Agricultural Science 6: 437-458.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Press of Tehran University. Tehran, Iran 160 pp. (In Persian)

Mazaheri, D., Madani, A., and Oveysi, M. 2006. Assessing the land equivalent ratio (LER) of two corn (*Zea mays* L.) varieties intercropping at various nitrogen levels in Karaj, Iran. European Journal of Agriculture 7(2): 359-364.

Mehmet, S.O., Sezgin, U., and Ali, G. 2007. The effect of light interception and light use efficiency with different sowing time of bean (*Vicia faba*). International Journal and Engineering Sciences 2(1): 87-91.

Nabati Nasaz, M., Gholipouri, A., and Mostafavi Rad, M. 2016. Evaluation of forage yield and important agronomic

www.SID.ir

Archive of SID

indices of corn as affected by intercropping systems with peanut and nitrogen rates. Journal of Agroecology 8(1): 70-81. (In Persian with English Summary)

Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Oustan, S. 2012. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. Journal of Crop Production 23(1): 101-113. (In Persian with English Summary)

Nour Mohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2007. Cereal Production: Ahvaz Shahid Chamran University Press, Ahvaz, Iran. (In Persian)

Raei, Y., Bolandnazar, S.A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142.

Rajaii, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Mousavi Nik, S.M. 2014. Evaluation of the effects of density and weeds control on corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices. Journal of Agroecology 7(4): 473-487. (In Persian with English Summary)

Singh, B., and Usha, K. 2003. Nodulation and symbiotic nitrogen fixation of cowpea genotypes as affected by fertilizer nitrogen. Jorurnal of Plant Nutrition 26(2): 463-473.

Stoltz, E., and Nadeau, E. 2014. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) Field Crops Research 169: 21-29.

Tsubo, M., and Walker, S. 2005. A model of radiation interception and use by a maize /bean intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 110: 203-215.

Van Soest, P.J. 1991. Methods of fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.

Vander Meer, J.H. 1992. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, New York, USA.

Vander Meer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press Cambridge, UK.

Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. Physics and Chemistry of the Earth 28: 919-926.

Wang, Z., Bao, X., Li, X., Jin, X., Zhao, J., Sun, J., Christie P., and Li, L. 2015. Intercropping maintains soil fertility in terms of chemical properties and enzyme activities on a timescale of one decade. Plant and Soil 391: 265-282.

Willey, R.W. 1979. Intercropping: its importance and research needs. Competition and yield advantages. Journal of Crop Science 32: 1-10.

Yahuza, I. 2011. Wheat /faba bean intercropping system in perspective. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 6(1): 62-69.

Young, M.A., Dake, B.S., Sonon, R.N., Holthaus, D.L. and Bolsen, K.K. 1996. Effect of grain content on the nutritive value of whole–plant grain sorghum silage.Rep. Prog.756. Kansas Agricultural Experiment Station. Kansans State University, Manhattan, KS.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 267-280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۸۰-۲۶۷

Evaluation of the Ecophysiological Aspects and Forage Quality Indices in the Intercropping of Maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.)

M. Sharif Nejad[1], A. Ghanbari[2] and A.R. Sirousmehr[3*]

Submitted: 07-01-2017
Accepted: 26-02-2017

Sharif Nejad, M., Ghanbari, A., and Sirousmehr, A.R. 2018. Evaluation of the ecophysiological aspects and forage quality indices in the intercropping of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Journal of Agroecology 10(1): 267-280.

Introduction

Intercropping is a crop management system involving two or more crop species grown together for at least portion of their respective productive cycle and planted sufficiently close to each other so that inter specific competitions occurs. The reason of yield advantage of intercropping are mainly that environmental resources such as water, light and nutrients can be utilized more efficiently in intercropping than in the respective sole cropping systems. Intercropping system is one the efficient crop production managements with minimum adverse effects on the environment, using the principles of ecological agriculture.

Materials and Methods

In order to study the ecophysiological aspects and forage quality intercropping maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.), an experiment was conducted based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the Research Farm, University of Zabol in 2015. The experimental treatments were: sole cropping of maize, 100% maize + 15% cowpea, 100% maize + 30% cowpea, 100% maize + 45% cowpea, 100% maize + 60% cowpea and sole cropping of cowpea. Each plot consisted of five rows planting, with a distance of 60 cm length was formed five meters. Maize and cowpea seeds were simultaneously sown. Photosynthesis active radiation (PAR) was measured between 12-13 hours on occasions. Mean values for each plot were then used to calculate the percentage of PAR interception by plant canopy as follows:

$$\%PARi = [1- (PARb / PARa)] \times 100$$

Where the subscript i designates intercepted PAR, a and b subscripts designate PAR above and below the plant canopy, respectively. Corn in the dough stage of grain and cowpea were at physiological maturity stage, harvest was carried out simultaneously. Samples dried at 70°C for 48 h and weighed.

The crude protein content was calculated by multiplying the Kjeldahl nitrogen concentration by 6.25. ADF (acid detergent fiber) and NDF (neutral detergent fiber) concentrations were measured. Digestible dry matter (DDM) were estimated. DDM = 88.9-(0.779 x ADF % dry matter basis)

Intercropping advantage and competition between maize and cowpea in intercrops were calculated LER was used to quantify the efficiency of the intercropping treatments: LER = Ymm/ Ybb + Ymb/ Ycc where Ymm and Ycc are yields of pure stands of maize and cowpea, Ymc and Ycm are yields of maize and cowpea in the intercropping system, respectively (Willey, 1979). Statistical computations using SAS software and comparison of means were tested by LSD at $P<0.05$ level.

Results and Discussion

Physiological and morphological differences between intercrop components affect their ability of using environmental resources, light interception and water. The results showed that intercropping systems had a significant effect on environmental resources consumption, where intercropping systems had more light interception and water compared to sole crops. Maximum absorption of photosynthesis active radiation in the canopy cropping system 100% maize + 60% cowpea and the cropping systems also mixed, soil temperature was lower compared to sole cropping. Crude protein concentration and maize ash mixed with cowpea increased, cell wall concentrations and acid detergent fiber (ADF) maize reduced. The highest protein content (%9.41), dry matter digestibility (72.77), and ash (12.16) obtained in mixed 100% maize + 60% cowpea. The highest neutral

1, 2 and 3- Former MSc student, Professor, and Asistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: asirousmehr@uoz.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

detergent fiber (46.66%) and ADF (26.66%) obtained from sole cropping maize. Due to the negative correlation between the ADF and DMD, ADF Reducecaused increase DMD. The highest dry matter yield of treatment 100% maize + 60% cowpea With (14.61 t ha^{-1}), while the least yield obtained from the culturing of cowpea (0.93 $t.ha^{-1}$). Intercropping systems showed superiority over pure cultures in terms of qualitative and quantitative production of forage.

Conclusion

The results of this study showed that the total yield of forage can be improved by adding cowpea ratios to the maize pure stand. The calculated LER exceeded unity the intercrops, showed that resources such as water, light and nutrients utilized more efficiently in intercropping than in the respective sole cropping systems. Based on the overall results of the experiment considering total forage yield and quality, 100M+60 C intercrop could be suggested farmers to produce acceptable higher amount of forage in quality than sole cropping of maize.

Keywords: Cropping systems, Crude protein, Dry matter production, Soil temperature, Sources growth

www.SID.ir