Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1525-1511

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1511-1525

ارزیابی شاخص‌های کارایی مصرف منابع و حاصلخیزی خاک در نسبت‌های کشت مخلوط ارزن مرواریدی (*Pennisetum americanum* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogeae* L.)

زهرا خمر[1]، مهدی دهمرده[2*]، عیسی خمری[3] و سید محسن موسوی نیک[4]

تاریخ دریافت: 1398/02/18
تاریخ پذیرش: 1398/04/01

خمر، ز.، دهمرده، م.، خمری، ع. و موسوی نیک، س.م. 1398. ارزیابی شاخص‌های کارایی مصرف منابع و حاصلخیزی خاک در نسبت‌های کشت مخلوط ارزن مرواریدی (*Pennisetum americanum* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (4): 1525-1511.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر فواصل بین ردیف، وجین علف‌های هرز و نسبت‌های کشت مخلوط ارزن مرواریدی (*Pennisetum americanum* L) و بادام‌زمینی رقم گلی (*Arachis hypogea* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال 1391 در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار نسبت کاشت سری جایگزینی و افزایشی (ارزن خالص، 50 درصد ارزن + 50 درصد بادام‌زمینی، 100 درصد ارزن + 100 درصد بادام‌زمینی و بادام‌زمینی خالص)، سه سطح وجین علف‌های هرز (عدم وجین، یک‌بار وجین و دوبار وجین علف‌های هرز) و فواصل بین ردیف‌ها با دو سطح (40 و 50 سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. صفات مورد ارزیابی منابع محیطی شامل (تشعشعات فعال فتوسنتزی، دما و رطوبت)، عناصر غذایی خاک شامل (نیتروژن (N)، منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca) و کربن (C)) و جهت ارزیابی کشت مخلوط نسبت به خالص از شاخص نسبت برابری زمین استفاده گردید. تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر سیستم کاشت قرار گرفتند. اثر متقابل معنی‌داری بین سیستم کاشت، وجین علف‌های هرز و فواصل بین ردیف‌ها در میزان جذب نور، دما و رطوبت وجود داشت. نتایج نشان داد که میزان تابش فعال فتوسنتزی جذب شده در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص هر دو گیاه بود. نتایج تغییرات عناصر غذایی خاک نشان داد که مقدار عناصر دو ظرفیتی (کلسیم و منیزیم) در مخلوط افزایشی و تک‌کشتی ارزن بیش‌تر از مخلوط جایگزینی و تک‌کشتی بادام‌زمینی بود. تیمار مخلوط افزایشی بالاترین نسبت برابری زمین (1/65) را به خود اختصاص داد. در مجموع، کشت مخلوط همراه با افزایش فواصل بین ردیف‌ها و وجین علف‌های هرز موجب افزایش میزان عناصر خاک پس از برداشت محصول و افزایش حاصلخیزی خاک شد و تیمار 100 درصد ارزن + 100 درصد بادام‌زمینی به‌دلیل بهره‌برداری بهتر از منابع، افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد نسبت به کشت‌های خالص برترین تیمار آزمایش بود.

واژه‌های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای خاک، رطوبت حجمی خاک، نسبت برابری زمین

مقدمه [1]

گیاه ارزن (*Pennisetum americanum* L.) به‌دلیل ویژگی های مطلوب آن نظیر ارتفاع نسبتاً بلند، داشتن سیستم فتوسنتزی C_4، خوش‌خوراکی زیاد در زمان گل دهی، نسبت بالای برگ به ساقه، کیفیت مطلوب علوفه به‌دلیل قابلیت هضم مناسب، درصد بالای پروتئین (16تا 30 درصد) و عدم برخورداری از ترکیبات سمی، مقاومت به کم‌آبی و رشد سریع، آن را به‌عنوان گیاهی مطلوب برای تولید علوفه و دانه به‌خصوص در شرایط کشت مخلوط مطرح نموده است (Stuart, 1990). بادام‌زمینی (*Arachis hypogeae* L.) در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر کشت می‌شود و از نظر کیفیت روغن و پروتئین بسیار غنی بوده و در روغن‌گیری و مصارفی مانند آجیل، در وعده غذایی انسان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. منشاء

1، 2، 3 و 4- به‌ترتیب دانش‌آموخته سابق کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشیار، استادیار و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.76827

www.SID.ir

Archive of SID

اصلی این گیاه، از آمریکای جنوبی و در منطقه‌ای به‌نام گـران چـاکو درکشور برزیل بوده که بعدها به غرب قاره آفریقا و سپس به قسمت شرقی این قاره برده شد که زمینه ورود آن به هندوستان و قاره آسیا گردید. این گیاه بوته‌ای، یک‌ساله و دارای یک ریشه اصلی و مستقیم می‌باشد (Reddy et al., 1994).

در طی چند دهه گذشته، رویکرد جهانی به‌سمت کشاورزی مدرن همانند سایر فعالیـت‌هـای بشـر باعـث صـدمه بـه منـابع طبیعـی و آلوده‌سازی و تخریب محیط زیست شده و سبب بر هم خوردن تعادل اکولوژیک گردیـده اسـت (Rezvani Moghaddam et al., 2009). در بسیاری از نقاط جهان، کشت مخلوط به‌عنوان یک عامل متداول از مدیریت اگرواکوسیستم، به‌کار می‌رود که مزایای متعددی نسبت بـه کشت خالص دارا می‌باشد (Banik et al., 2006).

در سیستم‌های تک‌کشتی به‌ندرت رطوبت، عناصر غذایی و نور که برای رشد گیاه در دسترس هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند که در نتیجه آشیان‌های اکولوژیک رها شده مورد هجوم علف‌های هرز واقع می‌شوند، چنان‌چه گیاهان در مخلوط در مصرف منابع مکمل باشند، در این صورت کشت مخلوط با استفاده بیش‌تر از منابع و پر کردن آشیان‌های اکولوژیک خالی باعث کنترل بهتر و مؤثرتر علف‌های هرز نسبت به زراعت‌های تک کشتی مـی‌گـردد (Liebman & Davis, 2000). برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است در اثر تلفیقی از عوامـل مختلف هم‌چون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصـر غـذایی بوده، بر این اساس محققین اظهار داشتند وجـود اخـتلاف در سـاختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشـت مخلـوط را علت این کارآمدی معرفی نمودند (Pandita et al., 2000).

کشت مخلوط به افزایش حاصـلخیزی و حفـظ ثبـات سـاختمان فیزیکی خاک کمک می‌کند (Vasilakoglou et al., 2005). بنا بـر گزارش کندل و همکـاران (Kandel et al., 2000) کشـت مخلـوط لگوم (ماشک گل خوشه‌ای (*Vica villosa* L. roth)، شـبدر شـیرین گـل زرد (*Melilotus officinalis*) و یونجـه (*Medicago sativa* L.)) با آفتاب‌گـردان (*Helianthus annus* L.) منجـر بـه افـزایش پوشش خاک، کاهش فرسـایش و افـزایش کـربن و نیتـروژن خـاک می‌گردد. مزیت کشت مخلوط نسبت به خالص به استفاده بیش‌تـر از نور و رطوبت و افزایش راندمان مصرف منابع مربوط می‌باشد Watiki (et al., 1993). نور به این دلیل که لحظه‌ای و غیرقابل ذخیره‌سازی است و در صورت عدم جـذب از دسـترس خـارج مـی‌شـود، یکـی از مهم‌ترین عوامل رقابت در اکوسیستم‌های زراعی می‌باشد (Awal et al., 2006). کشت مخلوط به‌دلیل آشـیان‌هـای اکولوژیـک متفـاوت موجب افزایش دریافت نور نسبت به خالص می‌گردد (Tsubo., 2004 et al). محققین با مقایسه کارآیی مصرف نـور در کشـت مخلـوط و خالص ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیـا (*Phaseolus vulgaris* L.)، گزارش کردند که کارآیی جذب نور در کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص بود. آن‌ها تجمع بیش‌تر ماده خشک در کشت مخلوط را عمدتاً مربوط به دریافت زیادتر نور دانستند. این محققین گزارش کردند که کارآیی بیش‌تر جذب نور در کشت خـالص ذرت در ارتبـاط بـا مسـیر فتوسنتزی ذرت بوده است (Tsubo et al., 2001). استفاده از لایـه‌های مختلف خاک توسط گیاهان در کشت مخلـوط بـه‌دلیـل وجـود اختلاف در ریشه، عمق توسعه سیستم ریشه‌ای، رقابت برای رطوبت را به حداقل می‌رساند. در کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌دلیل کاهش دمای خاک، تبخیر کاهش یافته و راندمان مصرف آب افزایش یافت (Ghanbari, 2000). تفاوت در مورفولوژی ریشه گیاهان در کشت مخلوط و احتمال گریزان بودن ریشه‌ها از هم، باعث پراکنده شدن ریشه در حجم بیش‌تری از خـاک شده و همین امر باعث جذب آب بیش‌تری نسبت به تک‌کشتی می‌گردد (Zhang & Li, 2003).

هـدف از اجرای ایـن تحقیـق بررسـی رقابـت میـان دو گونـه ارزن و بادام‌زمینی و تعیین بهترین نسبت کاشت دو گیـاه در کشـت مخلوط می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت فاکتوریـل در قالـب طـرح بلـوک‌هـای کامـل تصـادفی در سـه تکـرار در پژوهشـکده کشـاورزی دانشـگاه زابـل (پژوهشکده کشاورزی) (واقع در 61 درجه و 41 دقیقه طول شـرقی و 30 درجه و 54 دقیقه عرض شمالی با ارتفاع 483 متر از سطح دریـا) در سال زراعی 91- 1390 انجام گرفت. خاک محـل آزمـایش شـنی لومی با pH = 7/7 و EC= 1/9 دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول 1). بر اساس طبقه‌بندی کوپن آب‌وهوای منطقه در اقلیم خشک و بسـیار گرم با میانگین بارندگی سالیانه 49 میلی‌متر قرار دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
Table 1- Some physical and chemical properties of field's soil

بافت Texture	کلسیم Ca (ppm (%))	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	واکنش pH	نیتروژن N (%)	منیزیم Mg (ppm)	کربن آلی Organic carbon (%)	عمق Depth (cm)
شنی لومی Sandy -loam	0.025	1.9	7.7	0.059	1.886	0.006	0-30

عامل اول نسبت‌های کشت مخلوط[1] در چهار سطح (P_1: تک‌کشتی ارزن، P_2: تک‌کشتی بادامزمینی، P_3: 50 درصد ارزن + 50 درصد بادامزمینی، P_4: 100 درصد ارزن + 100 درصد بادامزمینی)، عامل دوم وجین علف‌های هرز در سه سطح (W_0: عدم وجین علف‌های هرز، W_1: یک بار وجین علف‌های هرز، W_2: دو بار وجین علف‌های هرز) و عامل سوم فواصل بین ردیف‌ها در دو سطح (D_1: 40 سانتی‌متر و D_2: 50 سانتی‌متر) بود. زمان وجین علف‌های هرز در دو نوبت 20 و 40 روز پس از سبز شدن انجام شد. کشت بادامزمینی رقم گلی و ارزن مرواریدی جمعاً در 72 کرت انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت که دو خط آن به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد به طول شش متر با فاصله ردیف‌های ذکر شده و بین دو کرت دو ردیف به‌صورت نکاشت رها شد. تراکم کاشت برای ارزن 20 بوته در مترمربع و برای بادامزمینی 16 بوته در مترمربع در کشت خالص در نظر گرفته شد (Tavasolie et al., 2010). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاک قبل از کشت مقادیر کود مورد نیاز پتاسیم: فسفر: نیتروژن به‌ترتیب، برای کشت خالص و مخلوط ارزن 150:100:50 و برای کشت خالص بادامزمینی 50:50:50 به زمین اضافه شد. کود سرک در دو مرحله یک‌بار 22 روز پس از کاشت و مابقی قبل از گل‌دهی اضافه شد. زمین آزمایش در پاییز شخم عمیق زده شد. در اوایل اسفند برای خرد کردن کلوخه‌ها دو بار دیسک عمود بر هم اعمال شد سپس با استفاده از دستگاه لولر تسطیح و توسط فاروئر جوی و پشته ایجاد شد. عملیات کاشت هر دو گیاه به‌صورت هیرم‌کاری در اوایل فروردین انجام شد. تیمارهای کشت مخلوط به‌روش جایگزینی و افزایشی انجام شد. نسبت‌های کاشت با تغییر فواصل بین ردیف‌ها بوته (تغییر فاصله دو بوته روی ردیف) و فاصله متغیر بین دو ردیف (40 و50 سانتی‌متر) اجرا شد. آبیاری بر اساس نیاز گیاه در زمان‌های مختلف صورت گرفت. تمامی تیمارها به‌صورت یک ردیف بادامزمینی و یک ردیف ارزن کشت شدند. عملیات داشت شامل آبیاری، واکاری و تنک کردن در طول دوره رشد انجام گرفت. جهت محاسبه عملکرد نهایی، پس از حذف دو خط حاشیه و 0/5 متر از ابتدا و انتهای هر کرت برداشت انجام شد. تشعشع فعال فتوسنتزی[2] با استفاده از دستگاه تشعشع‌سنج مدل (DELTA– T DEVICES) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نور در روزهای آفتابی در ظهر خورشیدی ساعت 12/5 ظهر تا 13/5 و 60 روز بعد از کاشت صورت گرفت. جهت این کار میزان نور در بالای تاج‌پوشش و سطح خاک در پنج نقطه درون هر کرت به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. مقدار نهایی PAR جذب شده از نسبت تشعشع جذب شده به‌وسیله گیاهان به تشعشع رسیده به بالای کانوپی محاسبه شد (Bantilan et al., 1976).

$$PAR = \left[1 - \frac{PARb}{PARa}\right] \times 100 \qquad \text{معادله (1)}$$

در این معادله، PAR_b: نور فعال فتوسنتزی در پایین تاج‌پوشش و PAR_a: نور فعال فتوسنتزی در بالای تاج‌پوشش می‌باشند.

دمای خاک 60 روز بعد از کاشت در عمق صفر تا 15 سانتی‌متری در ظهر خورشیدی (ساعت 12 ظهر) توسط دماسنج مدل Dial Deep Frying Thermometer با دقت یک درجه سانتی‌گراد خاک اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری دمای خاک در سه نقطه هر کرت دماسنج در بین ردیف‌های کاشت در عمق 15 سانتی‌متر قرار گرفته، اندازه‌گیری و سپس میانگین گرفته شد. محتوای آب خاک در یک مرحله در طول دوره رشد (60 روز بعد از کاشت) در عمق صفر تا 25 سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای این کار حجم مشخصی از خاک توسط رینگ استوانه‌ای با حجم مشخص (100 سانتی‌متر مکعب) از هر تیمار انتخاب و بلافاصله این حجم خاک وزن گردید (وزن مرطوب) و سپس در دستگاه آون در دمای 110 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از 48 ساعت جهت تعیین وزن خشک دوباره توزین

1- Intercropping system

2- Photosynthesis active radiation

www.SID.ir

Archive of SID

گردید (وزن خشک). سپس درصد رطوبت حجمی خاک هر تیمار آزمایش توسط معادله 2 محاسبه گردید (Rajaii et al., 2018).

معادله (2) $$Qt = \frac{Vm}{Vt}$$

در این معادله، Q_t: درصد رطوبت حجمی، V_m: حجم آب خاک (تفاوت وزن مرطوب و وزن خشک) و V_t: حجم کل نمونه خاک (100 سانتی‌متر مکعب) می‌باشند.

جهت تعیین مقادیر عناصر غذایی خاک بعد از برداشت نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی خاک (نیتروژن، کلسیم، منیزیم و کربن) اقدام شد. نیتروژن از روش کجلدال (Kjeldahl, 1883)، کربن به‌روش والکی بلاک (Walkley & Black, 1934)، کلسیم و منیزیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی، اندازه‌گیری و مقدار هر یک از عناصر محاسبه شد. ارزیابی کشت مخلوط از نسبت برابری زمین (LER[1]) که میزان رقابت بین گونه‌ای یا مساعدت در سیستم کشت مخلوط را بیان می‌کند با استفاده از معادله 3 محاسبه شد (Vandermeer, 1992; Li et al., 1999; Fetene, 2003).

معادله (3) $$LER = {Yca}/{Ycc} + {Ypa}/{Ypp}$$
$$LER = Y_{ca}/Y_{cc} + Y_{pa}/Y_{pp}$$

در این معادله، Y_{ca}/Y_{cc}: نسبت عملکرد ارزن در کشت مخلوط به تک‌کشتی ارزن (LER جزئی ارزن) و Y_{pa}/Y_{pp}: نسبت عملکرد بادام‌زمینی در کشت مخلوط به تک‌کشتی بادام‌زمینی (LER جزئی بادام‌زمینی) می‌باشند. مقدار LER= 1 نشان می‌دهد که محصول تک‌کشتی و مخلوط یکسان است. چنانچه LER > 1 بازده بیولوژیکی مخلوط بیش از تک‌کشتی است و LER < 1 نشان از عدم سودمندی مخلوط دارد (Mazaheri, 1988). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 تجزیه شدند و در صورت معنی‌دار شدن اثر عامل آزمایشی برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSR در سطح احتمال پنج درصد استفاده شده است.

نتایج و بحث

جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)

جذب تشعشع فعال فتوسنتزی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم کاشت و سیستم کاشت در فواصل بین ردیف‌ها و اثرات متقابل بین دو عامل (سیستم کاشت x فواصل بین ردیف‌ها) قرار گرفت (جدول2). میزان تابش فعال فتوسنتزی جذب شده در کشت مخلوط افزایشی (75/5 درصد) نسبت به سایر سیستم‌ها در بالاترین میزان خود بود و بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود داشت که 21 درصد نسبت به کشت خالص ارزن نور بیش‌تری جذب کرده بود. کم‌ترین میزان تابش فعال فتوسنتزی جذب شده در کشت خالص ارزن (62/05 درصد) وجود داشت. کارایی مصرف نور در تیمارهای مخلوط به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت‌های خالص بود (جدول 3). در گیاهانی که برگ‌ها آرایش عمودی‌تری دارند تشعشع موجود به‌میزان مؤثرتری جذب گیاه می‌شوند و چنین آرایشی اجازه می‌دهد تا مقادیر بیش‌تری نور به لایه‌های پایین‌تر کانوپی رسیده و فتوسنتز برگ‌های پایین کانوپی در بالاتر از نقطه جبرانی حفظ شود (Awal et al.2006,). مطابق نتایج جدول 2 کنترل علف‌های هرز جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را به‌میزان 70/75 درصد افزایش داد و در تیمار دو بار وجین علف‌های هرز و فواصل بین ردیف‌های کم، بیش‌ترین میزان تابش فعال فتوسنتزی جذب شده به‌دست آمد. بادام‌زمینی گیاهی است که از رشد کندی برخوردار بوده و سایه ایجاد شده از آن در فواصل بین ردیف‌های کاشت پایین در مقایسه با گیاهان زراعی دیگر نظیر سویا (*Glycine max* L.) و ذرت کم‌تر است، بنابراین، در این گیاه لزوم فواصل بین ردیف‌ها، کاشت مطلوب بوته برای افزایش جذب نور و افزایش عملکرد زراعی آشکارتر است (Williams et al., 1995). در بررسی میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در کانوپی مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna ungustifolia* L.)، تیمار 100 درصد ذرت + 100 درصد لوبیا چشم‌بلبلی میزان جذب نور بیش‌تری داشت، زیرا لوبیا چشم‌بلبلی به‌دلیل داشتن برگ‌های پهن نسبت به ذرت می‌تواند از عبور نور به زیر کانوپی جلوگیری نماید (Dahmardeh, 2010). نتایج کارایی مصرف نور کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در تمام تیمارهای مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش پیدا کرد (Hosseinpanahi et al., 2010). اگر ارتفاع گونه‌های گیاهی تشکیل‌دهنده مخلوط متفاوت باشد و گونه بلندتر دارای پتانسیل فتوسنتزی بیش‌تر و برگ‌های افراشته‌تری باشد و گونه کوتاه‌تر از فتوسنتز بالقوه کم‌تر و برگ‌های افقی‌تر برخوردار باشد، نور بیش‌تری توسط کشت مخلوط دریافت شده و به‌طور مؤثرتری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Willey, 1990) زمانی‌که شاخص سطح برگ

1- Land equivalent ratio

www.SID.ir

Archive of SID

بالا است افراشتگی برگ، میزان فتوسنتز جامعه گیاهی و در نتیجه میزان افزایش رشد کانوپی را می‌تواند به‌صورت چشمگیری افزایش دهد (Mason et al., 1986). در کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش شده است که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن‌ها بالاتر بود و این شاخص سطح برگ بالاتر منجر به استفاده بهینه از نور دریافتی توسط کانوپی و افزایش عملکرد شد (Tsubo & Walker 2004).

دما و رطوبت حجمی خاک

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس 2 مشاهده می‌شود، برهم‌کنش (سیستم کاشت × وجین علف‌های هرز × فواصل بین ردیف‌ها) تأثیر معنی‌داری بر محتوای رطوبت حجمی و دمای خاک داشتند. بالاترین محتوی رطوبت حجمی خاک و دمای خاک به‌ترتیب در کشت خالص بادام‌زمینی (31/1 درصد) و کشت خالص ارزن (29/66 درجه سانتی‌گراد) به‌دست آمد. با افزایش نسبت بادام‌زمینی از 50 درصد به 100 درصد محتوی رطوبت حجمی خاک بیش‌تر شده و دمای خاک نیز کاهش یافت (جدول 3). از آن‌جاکه دمای خاک در زیر کانوپی کشت‌های مخلوط از دمای خاک در کشت خالص ارزن کم‌تر بود بنابراین، درصد رطوبت در کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص ارزن بود. مقایسه محتوی رطوبت حجمی خاک و دما در تیمارهای وجین علف‌های هرز و فواصل بین ردیف‌ها بیانگر افزایش محتوی رطوبتی و کاهش دما با افزایش میزان وجین علف‌های هرز و فواصل بین ردیف‌ها بود. کاهش دمای خاک در سیستم‌های مخلوط نسبت به کشت خالص ارزن را می‌توان به جذب بیش‌تر نور توسط کانوپی مخلوط و افزایش سایه توسط کانوپی گیاه نسبت داد. بررسی محتوی رطوبت حجمی در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی در بین سیستم‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که مخلوط جایگزینی 15 درصد و مخلوط افزایشی 10 درصد نسبت به کشت خالص ذرت دارای محتوی رطوبت حجمی بیش‌تری بودند (Dahmardeh, 2010). فواصل بین بوته‌ها، کیفیت نور رسیده، جهت کاشت و وزش باد روی دمای کانوپی می‌تواند مؤثر باشد (Jaya et al., 2008). کشت مخلوط ذرت و باقلا نشان داد که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص به‌دست آمد که این امر می‌تواند روی درصد نور دریافتی کانوپی تأثیر مثبتی داشته باشد که احتمالاً به‌دلیل سایه‌اندازی ذرت مخصوصاً در فواصل بین ردیف‌های بالاتر روی کانوپی باقلا، این گیاه جهت جذب نور اقدام به افزایش سطح برگی خود نموده که این امر از یک طرف منجر به افزایش شاخص سطح برگ باقلا و از طرف دیگر، تأثیر مثبت بوته‌های باقلا بر افزایش شاخص سطح برگ کانوپی داشته، از طرفی احتمالاً موجب حفظ بیش‌تر رطوبت خاک و کاهش دما گردیده و نهایتاً موجب افزایش رطوبت نسبی کانوپی ذرت گردید. بنابراین، تعدیل میکروکلیمای کانوپی مخلوط می‌تواند موجب افزایش شاخص سطح برگ کانوپی مخلوط نسبت به کانوپی خالص گردد (Rezaee Chiane et al., 2010). در کشت مخلوط ذرت و کلم گل (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) در فواصل بین ردیف‌های مطلوب به‌دلیل سایه-اندازی ذرت دمای کانوپی مخلوط کم‌تر شده است. در کشت مخلوط تأثیر مثبت بوته‌های دو گونه که افزایش پوشش زمین، حفظ بیش‌تر رطوبت خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک، افزایش راندمان مصرف آب و افزایش رطوبت نسبی کانوپی را باعث می‌شود، دمای کانوپی را نسبت به کشت خالص پایین می‌آورد (Anthony & Rene, 2008). در کشت مخلوط وجود سیستم‌های ریشه‌ای متفاوت به کاهش هدرروی آب از خاک، افزایش جذب آب و هم‌چنین افزایش تعرق کمک می‌کند. افزایش تعرق باعث ایجاد میکروکلیمای سردتر در مخلوط شده و این باعث می‌شود که پوشش گیاهی بیش‌تر و دمای خاک سردتر شود و تبخیر از سطح خاک کم‌تر گردد (Andersen et al., 2005; Innis, 1997).

کربن آلی و نیتروژن خاک

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود کربن آلی و نیتروژن خاک بعد از برداشت محصول تحت تأثیر سیستم کاشت، وجین علف‌های هرز و فواصل بین ردیف‌ها قرار گرفتند (جدول 2). با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین بیش‌ترین میزان کربن آلی (0/88 درصد) و نیتروژن خاک (8/73 درصد) در کشت خالص بادام‌زمینی به‌دست آمد. میزان کربن و نیتروژن در تیمارهای مخلوط بیش‌تر از کشت خالص ارزن بود و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مخلوط و خالص از لحاظ آماری وجود داشت. اثر متقابل سه‌طرفه تیمارها نشان داد که بیش‌ترین مقدار کربن و نیتروژن خاک در کشت خالص بادام‌زمینی، عدم وجین و تراکم 50 سانتی‌متر فاصله بین دو ردیف به‌دست آمد (جدول 5). در مورد اثر کنترل علف‌های هرز و فواصل بین ردیف‌ها بر تغییرات کربن آلی و نیتروژن خاک مشاهده شد که با افزایش وجین علف‌های هرز و افزایش فواصل بین ردیف‌ها مقدار دو عنصر در خاک افزایش یافت (جدول 3).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد تشعشع فعال فتوسنتزی، دما و رطوبت حجمی خاک و تغییرات عناصر خاک در کشت مخلوط ارزن و بادام‌زمینی

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of active photosynthetic radiation, volumetric soil temperature and soil moisture content and soil elements changes in mixed crops of pearl millet and peanut

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	دمای خاک Soil temperature	محتوی رطوبتی خاک Soil moisture content	تشعشع فعال فتوسنتزی PAR	کربن آلی Organic carbon	نیتروژن N	کلسیم Ca	منیزیم Mg
تکرار Replication	2	0.18^{ns}	0.0008^{ns}	156.5^{ns}	0.0012^{ns}	0.0568^{ns}	0.0000025^{ns}	0.0002^{ns}
سیستم کاشت Planting system (P)	3	106.6^{**}	0.0073^{ns}	633.4^{**}	0.0001^{ns}	2.4163^{**}	0.0000002^{ns}	0.0019^{ns}
وجین علف‌های هرز Weeds control (W)	2	9.76^{**}	0.0012^{ns}	36.37^{ns}	0.0730^{**}	16.1435^{**}	0.0000071^{**}	0.0097^{**}
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing (S)	1	5.12^{**}	0.032^{**}	16.05^{ns}	0.3126^{**}	107.0231^{**}	0.0001202^{**}	0.0177^{**}
P × W	6	1.09^{ns}	0.0026^{ns}	19.02^{ns}	0.0220^{**}	2.1904^{**}	0.0000289^{**}	0.0020^{ns}
P × S	3	6.38^{**}	0.023^{**}	744.09^{**}	0.0271^{**}	2.0636^{**}	0.0001766^{**}	0.0037^{ns}
S × W	2	4.87^{**}	0.0016^{ns}	95.59^{ns}	0.0314^{**}	4.8453^{**}	0.0002762^{**}	0.0075^{**}
P × W × S	6	1.24^{**}	0.0033^{ns}	140.91^{ns}	0.0306^{**}	3.7127^{**}	0.0002431^{**}	0.0053^{*}
خطا Error	46	0.94	0.0026	132.09	0.1834	0.235	0.0000041	0.0023
ضریب تغییرات Coefficient variation (%)	-	3.56	21.85	16.47	9.84	7.77	6.81	2.56

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: Non-significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین درصد تشعشع فعال فتوسنتزی، دما و رطوبت حجمی خاک در سیستم کاشت، فواصل بین ردیف‌ها و سطوح مختلف و عناصر خاک در سیستم کاشت، فواصل بین ردیف‌ها و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز در کشت مخلوط ارزن و بادام‌زمینی

Table 3- Mean comparisons of the active photosynthetic radiation, volumetric soil temperature and moisture content in the planting system, the intervals between the rows and different levels and soil elements in the planting system, the intervals between the rows and the different levels of weed weeding in the mixture of pearl millet and almonds Terrestrial

سیستم‌های کاشت Planting system	دمای خاک Soil temperature (°C)	محتوی رطوبتی خاک Soil moisture content (%)	تشعشع فعال فتوسنتزی PAR (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن N (%)	کلسیم Ca (meq.L^{-1})	منیزیم Mg (meq.L^{-1})
P_1	29.72^{a}	20^{b}	62.05^{b}	0.35^{d}	3.94^{d}	0.033^{a}	1.907^{a}
P_2	28.55^{b}	23^{ab}	73.11^{a}	0.43^{c}	4.36^{c}	0.030^{b}	1.838^{b}
P_3	26.88^{c}	24^{a}	75.5^{a}	0.83^{b}	7.92^{b}	0.028^{c}	1.902^{a}
P_4	24.11^{d}	25^{a}	68.32^{ab}	0.88^{a}	8.73^{a}	0.027^{d}	1.882^{a}
وجین علف‌های هرز Weeds control							
W_0	27.70^{a}	23^{a}	68.37^{a}	0.57^{c}	5.49^{c}	0.0293^{a}	1.86^{b}
W_1	27.66^{b}	23^{a}	70.12^{a}	0.61^{b}	6.11^{b}	0.0295^{a}	1.90^{a}
W_2	26.58^{a}	24^{a}	70.75^{a}	0.68^{a}	7.12^{a}	0.0303^{a}	1.87^{ab}
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing							
D_1	26.86^{b}	25^{a}	70.22^{a}	0.623^{a}	6.05^{b}	0.0296^{a}	1.88^{a}
D_2	27.77^{a}	21^{b}	69.27^{a}	0.626^{a}	6.42^{a}	0.0298^{a}	1.87^{a}

P_4 و P_3 ،P_2 ،P_1: به‌ترتیب کشت خالص ارزن، ۵۰ درصد ارزن+ ۵۰ درصد بادام‌زمینی، ۱۰۰ درصد ارزن+ ۱۰۰ درصد بادام‌زمینی، کشت خالص بادام‌زمینی، W_0 ،W_1 و W_2: به‌ترتیب وجین علف‌های هرز، عدم وجین علف‌های هرز، یک‌بار وجین علف‌های هرز، دو بار وجین علف‌های هرز، D_1 و D_2: به‌ترتیب فواصل بین ردیف‌ها، ۴۰ سانتی‌متر، ۵۰ سانتی‌متر.

* در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند.

P_1, P_2, P_3 and P_4: Planting System, Sole crop pearl millet, 50% pearl millet+50% peanut, 100% pearl millet+100% peanut and Sole crop peanut, W_0, W_1, and W_2: Weeding, Non-weeding, once-weeding and twice weeding, D_1 and D_2: Row spacing by 40 and 50 cm, respectively.

* Any two means not sharing a common letter differ significantly from each other at 5% probability based on Duncan's test.

www.SID.ir

Archive of SID

سیروس مهر و همکـاران (Sirousmehr et al., 2003) در بررسـی کشت مخلوط ارزن نوتریفید (*Pennisetum glaucum* L.) با ماشک زراعی (*Vicia sativa* L.) نشان دادند کشت مخلوط در مقایسه بـا کشت خالص عملکرد بالاتری داشته است که این به‌دلیل بهره‌گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای می‌باشد. محققین گزارش کردند کشت مخلوط ذرت و سویا و یا کشت هر غله دیگر با سویا باعث افزایش عملکـرد و حاصـلخیزی خـاک مـی‌شـود (Giller, 1999; Hinga et al., 1979). بقـولات سـبب افـزایش نیتروژن خاک شده و با دارا بودن ریشه‌های عمیق‌تر همراه با گندمیان آب و عناصر غذایی را از لایه‌های مختلف خاک به‌صورت متعادل‌تری جذب می‌کننـد (Berdhal et al., 2001). محققـان گـزارش کردنـد هنگامی‌که ذرت به‌صورت خالص کشت شد میزان نیتروژن خاک پس از برداشت 0/19 درصد بود، در حالی که در کشـت مخلـوط ذرت بـا سـویا، و ذرت بـا لوبیـا معمـولی (*Phasaeolus vulgaris* L) و بادام‌زمینی مقدار نیتروژن خاک به‌ترتیـب 0/23 و 0/22 درصـد بـود (Nzabi et al., 1999). تحقیقات نشان داد که کشت مخلوط نواری یونجه یک‌ساله (*Medicago sativa* L.) و جو (*Hordeum vulgar* L.) باعث ایجاد پوشش گیاهی مناسب و تأمین نیتروژن بـرای گیـاه بعدی شد (Qamar et al., 1999).

کلسیم و منیزیم خاک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فواصل بین ردیـف‌هـا و وجـین علف‌های هرز بر میزان کلسیم و منیزیم خاک بعد از برداشت محصول تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول 2). مقایسه میانگین سیستم‌های کشت نشان داد که بیش‌ترین میزان کلسیم و منیزیم خاک در کشت خالص ارزن به‌دست آمد. کم‌ترین میـزان ایـن دو عنصـر در کشـت خـالص بادام‌زمینی و مخلوط 50 درصد ارزن + 50 درصد بادام‌زمینـی وجـود داشت. سیستم‌های کشت مخلوط میزان کلسیم و منیزیم بـیش‌تـری نسبت به کشت خالص بادام‌زمینی دارا بودند (جدول 3). اثـر متقابـل سه‌طرفه تیمارها نشان داد که بالاترین مقدار منیزیم خـاک از تیمـار کشت مخلوط 50 درصد ارزن به‌علاوه 50 درصد بادام‌زمینی، یک بار وجین و تراکم کاشت 50 سانتی‌متر فاصله دو ردیـف بـه‌دسـت آمـد (جدول 5). در کشت مخلوط به‌دلیل افزایش تراکم ریشه‌ها و امکـان جذب یکسری از عناصر غذایی که در کشت خـالص قابـل دسترسـی نمی‌باشد، جذب عناصر غذایی افزایش یافته و به‌نحو مؤثرتری مـورد استفاده قرار می‌گیرد.کشت مخلوط غلات و لگوم نمونه‌ای از افزایش جذب عناصر غـذایی در کشـت مخلـوط اسـت (Ghanbari, 2000). بررسی وجین علف‌های هرز نشان داد که با افزایش وجین علف‌هـای هرز میزان کلسیم و منیزیم خاک بعد از برداشـت محصـول افـزایش یافت. برای بقولات دانه‌روغنی مانند سویا و بادام‌زمینی، عناصر غذایی اصلی، فسفر، گوگرد، کلسـیم و روی مـی‌باشـند، زیـرا ایـن گیاهـان می‌توانند مقدار زیادی از نیتروژن مورد نیاز خـود را از طریـق تثبیـت بیولوژیک تأمین کنند (Hitsuda et al., 2005). بادام‌زمینی گیـاهی است که از نظر رشدونمو در مقایسه با سایر گیاهان زراعی خصوصیت منحصر به فردی داشته و غلاف‌های در حال رشد این گیاه برای رشد مطلوب خود کلسیم را به‌طور مستقیم از منطقه قرار گرفتن غلاف‌ها در خاک جذب می‌کنند. بنابراین، بادام‌زمینی برای اینکـه رشـد مناسـبی داشـته باشـد، در خـاک‌هـای آهکـی و قلیـایی کشـت مـی‌شـود (Hossein Zadeh Gashti & Safarzadeh Vishgahi, 1999). نتایج حاصل از کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی نشـان داد کـه جذب کلسیم و منیزیم در کشت‌های مخلوط به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشـت خـالص ذرت و لوبیـا چشـم‌بلبلـی اسـت (Eskandari & Ghanbari, 2011). ظرفیت تبادل کاتیونی ریشه لگوم‌هـا حـدود دو برابر ریشه غلات می‌باشد (Ghanbari, 2000). گیاهی کـه ظرفیـت تبادل کاتیونی آن بیش‌تر باشد قادر است عناصر دو ظرفیتی را به‌مقدار بیش‌تری جذب کند (Haynes, 1980; Caradus, 1990). به همین دلیل قدرت رقابت بادام‌زمینی در جذب عناصر دو ظرفیتـی کلسـیم و منیزیم بیش‌تر از ارزن بود.

نسبت برابری زمین(LER)

کارایی استفاده از زمین تحت تأثیر سیستم کاشت، وجین علـف‌هـای هرز و اثر متقابل سیستم کاشت در وجین علف‌های هرز و فواصل بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد (جـدول 4). بـر اسـاس مقایسـه میانگین مشخص گردید که بالاترین نسبت برابری زمین از مخلـوط 100 درصد + 100 درصد بادام‌زمینی معادل 1/65 به‌دست آمد (جدول 6). بر این اساس عملکرد حاصل از کشت مخلوط در این تیمار نسبت به تک‌کشتی افزایش نشان داده است، این بدان معناست که کشت دو گیاه لگوم و گراس سبب مـی‌گـردد تـا از کشـت مخلـوط محصـول بیش‌تری نسبت بـه تـک‌کشـتی برداشـت شـود و دلیـل آن تثبیـت

www.SID.ir

Archive of SID

بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه بادام‌زمینی و افزایش جذب نور بوده است، در کشت مخلوط نخود سیاه و جو بالاترین نسبت برابری زمین در تیمار 100 درصد نخود سیاه + 100 درصد جو معادل 1/25 به‌دست آمد و دلیل این امر را می‌توان به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه نخود نسبت داد (Daryaei et al., 2008). کنترل علف‌های هرز، فواصل بین ردیف‌ها و اثر سیستم کاشت در وجین علف‌های هرز در فواصل بین ردیف‌ها بر میزان نسبت برابری زمین معنی‌دار بود و تیمار دو بار وجین علف‌های هرز دارای حداکثر کارآیی استفاده از زمین بود. در این راستا آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) استفاده از زمین در مخلوط جو و باقلا، افزایش قابل توجه نسبت برابری زمین را در ترکیب‌های آن گزارش نمودند. در کشت مخلوط جو و باقلا محققین نشان دادند که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص، LER بالاتری داشته است (Getachew et al., 2006). در کشت مخلوط نخود و جو نیز عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با خالص LER بالاتری داشت. دلیل این امر را می‌توان به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه نخود نسبت داد (Launay et al., 2009). هم‌چنین در کشت مخلوط ارزن نوتریفید با ماشک زراعی نشان دادند که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص عملکرد بالاتری نشان داد که این به‌دلیل بهره‌گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای می‌باشد (Sirousmehr et al., 2003).

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین درکشت مخلوط ارزن و بادام‌زمینی

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for land equivalent ratio in the pearl millet and peanut intercropping

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	نسبت برابری زمین LER
تکرار Replication	2	0.018*
سیستم کاشت P	1	2.035**
وجین علف‌های هرز W	2	0.044**
فواصل بین ردیف‌ها S	1	0.006ns
P × W	2	0.026*
P × S	1	0.069**
S ×W	2	0.013ns
P × W × S	2	0.016ns
خطا Error	22	0.005
ضریب تغییرات Coefficient Variation (%)	-	5.41

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: Non-significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 5 - مقایسه میانگین اثر متقابل (سیستم کاشت×وجین×تراکم) بر تغییرات مقدار سدیم، منیزیم، کربن و نیتروژن خاک در کشت مخلوط ارزن و بادام زمینی

Table 5- Mean comparisons of the mean interactions (planting ratio×Weeding×density) on the changes in the amount of sodium, magnesium nitrogen and carbon in the mixture of pearl millet and peanut

تیمار Treatment	کلسیم Ca	منیزیم Mg	کربن C	نیتروژن N
MW_0D_1	0.017^{L*}	1.900^{abcd}	0.487^{ef}	4.87^{fg}
$M_1W_0D_1$	0.027^{ghis}	1.855^{bcde}	0.506^{e}	5.04^{fg}
$M_2W_0D_1$	0.034^{cd}	1.926^{abc}	0.930^{a}	9.29^{ab}
PW_0D_1	0.035^{c}	1.888^{abcd}	0.877^{ab}	8.47^{bc}
MW_1D_1	0.044^{a}	1.916^{abc}	0.423^{efg}	4.72^{g}
$M_1W_1D_1$	0.026^{hisk}	1.873^{abcde}	0.336^{gh}	3.36^{hi}
$M_2W_1D_1$	0.025^{isk}	1.878^{abcde}	0.885^{ab}	8.06^{cd}
PW_1D_1	0.029^{fgh}	1.933^{abc}	0.881^{ab}	8.80^{abc}
MW_2D_1	0.033^{cde}	1.944^{ab}	0.181^{i}	1.81^{s}
$M_1W_2D_1$	0.027^{ghis}	1.756^{f}	0.292^{h}	2.91^{i}
$M_2W_2D_1$	0.026^{hisk}	1.907^{abc}	0.760^{cd}	5.73^{f}
PW_2D_1	0.034^{cd}	1.876^{abcde}	0.919^{a}	9.63^{a}
$M\ W_0D_2$	0.023^{k}	1.878^{abcde}	0.340^{gh}	3.39^{hi}
$M_1W_0D_2$	0.033^{cde}	1.788^{ef}	0.682^{d}	6.81^{e}
$M_2W_0D_2$	0.041^{ab}	1.926^{abc}	0.713^{d}	9.47^{a}
PW_0D_2	0.024^{sk}	1.863^{abcde}	0.934^{a}	9.62^{a}
MW_1D_2	0.015^{l}	1.935^{abc}	0.278^{hi}	5.00^{fg}
$M_1W_1D_2$	0.039^{b}	1.952^{a}	0.477^{ef}	4.76^{g}
$M_2W_1D_2$	0.028^{fghi}	1.899^{abcd}	0.857^{abc}	4.86^{fg}
PW_1D_2	0.031^{def}	1.850^{bcde}	0.786^{bcd}	7.31^{de}
MW_2D_2	0.031^{def}	1.839^{cdef}	0.389^{fgh}	3.88^{h}
$M_1W_2D_2$	0.030^{efg}	1.806^{def}	0.328^{gh}	3.31^{hi}
$M_2W_2D_2$	0.017^{l}	1.911^{abc}	0.843^{abc}	8.10^{cd}
PW_2D_2	0.042^{ab}	1.881^{abcde}	0.882^{ab}	8.59^{bc}

P_1، P_2، P_3 و P_4: به‌ترتیب کشت خالص ارزن، 50 درصد ارزن+ 50 درصد بادام‌زمینی، 100 درصد ارزن+ 100 درصد بادام‌زمینی، کشت خالص بادام‌زمینی، W_0، W_1 و W_2: به‌ترتیب وجین علف‌های هرز، عدم وجین علف‌های هرز، یک‌بار وجین علف‌های هرز، دو بار وجین علف‌های هرز، D_1 و D_2: به‌ترتیب فواصل بین ردیف‌ها، 40 و 50 سانتی‌متر

* در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند.

* P_1, P_2, P_3 and P_4: Planting System, Sole crop pearl millet, 50% pearl millet+50% peanut, 100% pearl millet+100% peanut, sole crop peanut. W_0, W_1, and W_2: Weeding, Non-weeding, once-weeding and twice weeding, D_1 and D_2: Row spacing, 40 and 50 cm any two means not sharing a common letter differ significantly from each other at 5% probability based on Duncan's test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 6- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین در سیستم کاشت، فواصل بین ردیف‌ها و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز در کشت مخلوط ارزن و بادام‌زمینی

Table 6- Mean comparisons of for land equivalent ratio in planting system, row spacing and weedy different levels in the pearl millet and peanut intercropping

سیستم کاشت Planting system	نسبت برابری زمین LER
P_1	1.18^{b*}
P_2	1.65^{a}

P_1 و P_2 به‌ترتیب کشت مخلوط 50 درصد ارزن+ 50 درصد بادام‌زمینی و 100 درصد ارزن+ 100 درصد بادام‌زمینی

* در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند.

P_1 and P_2: Planting System, 50% pearl millet+50% peanut, 100% pearl millet+100% peanut, respectively.

* Any two means not sharing a common letter differ significantly from each other at 5% probability based on Duncan's test.

نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی از نظر کارایی استفاده از منابع محیطی بود. به‌طور کلی، با انتخاب مناسب گیاهان و الگوی مناسبی از گیاهان در سیستم‌های کشت مخلوط همراه با کنترل علف‌های هرز می‌توان سهم گیاهان زراعی را در جذب نور، رطوبت و عناصر غذایی افزایش داد. از طرف دیگر، انتخاب فاصله مناسب بین ردیف‌های گیاه زراعی در کشت مخلوط به‌دلیل ایجاد حالت مکملی باعث استفاده بهتر از منابع شده که این امر منجر به افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش نسبت برابری زمین می‌شود.

در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی است که منجر به افزایش عناصر غذایی خاک و افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود و ضمن حفاظت از منابع آب و خاک در درازمدت باعث افزایش پایداری اگرواکوسیستم‌ها می‌شود. نتایج نشان داد که میزان تابش فعال فتوسنتزی جذب شده در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص هر دو گیاه بود. نتایج تغییرات عناصر غذایی خاک نشان داد که مقدار عناصر دو ظرفیتی (کلسیم و منیزیم) در مخلوط افزایشی و تک کشتی ارزن بیش‌تر از مخلوط جایگزینی و تک‌کشتی بادام‌زمینی بود.

تیمار مخلوط افزایشی بالاترین نسبت برابری زمین (1/65) را به خود اختصاص داد. در مجموع، کشت مخلوط همراه با افزایش تراکم و وجین علف‌های هرز موجب افزایش میزان عناصر خاک پس از برداشت محصول و افزایش حاصلخیزی خاک شد و تیمار 100 درصد ارزن + 100 درصد بادام‌زمینی، دو بار وجین و فاصله دو ردیف 40 سانتی‌متر از هم به‌دلیل بهره‌برداری بهتر از منابع، افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد نسبت به کشت‌های خالص برترین تیمار آزمایش بود.

References

Andersen, M.K., Hauggard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S., 2005. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. Planting and Soil 266: 273-287.

Anthony, R.S., and Rene, C.V., 2008. Land equivalent ratios, light interception, and water in annual intercrops in the presence or absence of in-crop herbicides. Agronomy Journal 100: 1145-1154.

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.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S., 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Bantilan, R.T., Palada, M., and Harwood, R.R., 1976. Integrated weed management, I. Key factors effecting weed/crop balance, Philippine Weed Science Bulletin 1: 1-14.

Bell, M.J., Harch, B., and Wright, G.C., 1991. Planting population studies on peanut (*Arachis hypogaea* L.) in subtropical Australia. I. Growth under fully irrigated conditions. Australian Journal of Experimental Agriculture

www.SID.ir

Archive of SID

31(4): 535- 543.
Berdhal, J.D., Karn, J.F., and Herdrickson, J.R., 2001. Dry matter yield of cool season grass monocultures and grass-alfalfa binary mixtures. Agronomy Journal 93: 463-467.
Caradus, J.R., 1990. The structure and function of white clover root system. Advance in Agronomy 43: 22-37.
Fetene, M., 2003. Intra-and inter-specific competition between seedlings of *Acacia etbaica* and a perennial grass (*Hyperemia hirta*). Journal of Arid Environment 55: 441–451.
Dahmardeh, M., 2010. Eco physiological aspects of intercropping maize and cowpea on the quantity and quality of forage maize (SC 704). Ph.D. Dissertation, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
Daryayi, F., Agha Qalykhany, M., and Chaiechi, M., 2008. Comparison beneficial indicators of the pea and barley mixed cultures in the forage production. Journal of Agriculture Engineer and Natural Resource 21: 35-40.
Eskandari, H., and Ghanbari, A., 2011. Assessment of competing and complementary components of intercropping maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna sinensis* L.) in nutrient consumption. Journal of Agricultural and sustainable production 21(2): 67-75.
Ghanbari, A., 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. PhD Thesis. Wye Collage University of London.
Giller, K., 1999. Scaling up the Best Best-Soybean is on the move in Zimbabwe. University of Zimbabwe.
Haynes, R., 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. Advance in Agronomy 33: 227-261.
Hinga, G., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L., 1979. Cropping systems and soil management, soil fertility and fertilizer. Ministry of Agriculture, National Agricultural Laboratories, Annual Report. pp: 10-11. GOK, Nairobi.
Hitsuda, K., Yamada, M., and Klepker, D., 2005. Soil and crop management: Sulfur requirement of eight crops at early stages of growth. Agronomy Journal 97: 155–159.
Hosseinpanahi, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R., 2010. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L.) /corn *(Zea mays* L.) intercropping. Journal of Agroecology 2(1): 45-54. (In Persian with English Summary)
Kjeldahl, J., 1883. New method for the determination of nitrogen in organic substances, Zeitschrift für analytics Chemie 22 (1): 366-383.
Innis, D.Q., 1997. Intercropping and the scientific basis of traditional agriculture. London: Intermediate Technology Publications.
Jaya, K.D., Bell, V.J., and Sale, P.W., 2008. Modification of within-canopy microclimate in maize for intercropping in the lowland tropics. Available at: http:// www.regional.org.au.
Kandel, H.J., Johnson, B.L., and Scheiter, A.A., 2000. Hard red spring wheat response fallowing the intercropping of legumes into sunflower. Crop Science 40: 731–736.
Li, L., Yang, S., Li, X., Zhang, F., and Christie, P., 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. Plant and Soil 212: 105–114.
Liebman, M., and Davis, A.S., 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-input farming systems. Weed Research 40:27– 47.
Mason, S.C., Leihner, D.E., Vorst, J.J., and Salazar, E., 1986. Cassava-cowpea and cassava-peanut intercropping. I.
Leaf area index and dry matter accumulation. American Society of Agronomy Journal 78: 47-53.
Marschner, P., Fu, L., and Rengel, Z., 2003. Manganese availability and microbial populations in the rhizosphere of wheat genotypes differing in tolerance to Mn deficiency. Journal Planting Nutrition Soil Science 166:712–718.
Mazaheri, D., 1998. Intercropping (2nd Ed.). Tehran University publications. Tehran. Iran. P: 262. (In Persian).
Nzabi, A.W., Makini, F., Onyango, M., Kidula, N., Muyonga, C.K., Miruka, M., Mutal, E., and Gesare, M., 1999. Effect of intercropping legume with maize on soil fertility and maize yield. Kenya Agricultural Research Institute, Kisi Regional Reacerch Center. P. O. Box 523, Kisii.
Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R., 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek)- black cumin (*Nigella sativa* L.) Intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65-79. (In Persian with English Summary)
Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ramazan, D., and Mousavi-nik, M., 2010. Effect of organic and inorganic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of pearl millet (*Panicum miliaceum* L.) and red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in intercropping. Journal of Crop Echophysiology 4:15(3): 1-16. (In Persian with English Summary)
Pandita, A.K., Saha, M.H., and Bali, A.S., 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. Indian Journal of Agronomy 45: 48-53
Qamar, I.A., Keatinge, J.D.H., Noormohammad, T., Ali, A., and Ajmal Khan, M., 1999. Interduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. Australian Journal of Agricultural Research 50:1-9.
Rajaii, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Keshtegar, B., 2018. The effect of planting pattern and vermicompost on

www.SID.ir

Archive of SID

the changes in soil nutrients and use of environmental resources in intercropping of corn (*Zea mays* L.), peanut (*Arachis hypogaea* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Agroechology 10(2): 547-564. (In Persian with English Summary)

Reddy, K.C., Visser, P.L., Klaij, M.C., and Renard, C., 1994. The effect of sole and traditional intercropping of millet and cowpea on soil and crop productivity. Experimental Agriculture 30: 83-88

Rezaee Chiane, E., Dabagh Mohammadinasab, A., Shakiba, M.R., Ghasemi Golazani, K., and Aharizade, S., 2010. Evaluation of light interception and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays L.*) and faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Agroecology 2(3): 437-447. (In Persian with English Summary)

Safarzadeh Vishgahi, M.N., and Hossein Zadeh Gashti, A., 1999. Effect of method and amount of iron intake on peanut growth and yield in Gilan. First National Conference on Oil Seeds, Isfahan, Iran. 772-774. (In Persian with English Summary)

Sarkar, R.K., and Kundu, C., 2001. Sustainable intercropping system of sesame (*sesamum indicium*) whit pulse and oilseed crops on rice fallow land. Indian Journal of Agricultural Sciences 71(2): 545-550.

Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoye, F., and Moghaddam, M., 2003. Pearl millet and common vetch.

Stuart, P.N., 1990. The Forage Book Pacific Seeds. Toowoomba, Australia Intercropping. Biaban 2: 250-263. (In Persian)

Tsubo, M., Mukhala, E., Ogindo. H., and Walker, S., 2004. Productivity of maize-bean intercropping in a semi-arid region of South Africa. Water SA 29: 381-388.

Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E., 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono/intercropping system with different row orientation. Field Crop Research 71: 17-29.

Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O., 2004. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semiarid regions I. Model development. Field Crops Research 90: 48-61.

VanderMeer, J.H., 1992. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, New York, USA.

Vasilakoglou, I.B., Lithourgidis, A.S., and Dhima, K.V., 2005. Assessing common vetch: cereal intercrops for suppression of wild oat. In Proceeding of the 13th International Symposium, session S5, European weed Research society Bari, Italy, p. 371–379.

Walkley, A., and Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Watiki, J.M., Fukai, S., Banda, J.A., and Keating, B.A., 1993. Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as affected by maize planting-row spacing and cowpea cultivar. Field Crops Research 35: 123-133.

Williams, J.H., Ndungguru, B.J., and Greenberg, D.C., 1995. Assessment of groundnut cultivars for end- of season drought tolerance in saheran environment. Journal of Agricultural Scince 125: 79- 85.

Willey, R.W., 1990. Resource use in intercropping system. Journal of Agriculture Water Management 17: 215-231.

Zhang, F.S., and Li, L., 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping system enhance crop productivity and nutrient use efficiency. Planting Soil 248: 305–312.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1511-1525

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1525-1511

The Evaluation of Resource Efficiency and Soil Fertility Indices in Pearl Millet (*Panucum miliaceum* L.) and Peanut ((*Arachis hypogaea* L.) Intercropping

Z. Khammar[1], M. Dahmardeh[2*], I. Khammari[3] and S.M. Mossavi Nik[4]

Submitted: 08-05-2019
Accepted: 22-06-2019

Khammar, Z., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Mossavi Nik, S.M. 2020**.** The evaluation of resource efficiency and soil fertility indices in pearl millet (*Panucum miliaceum* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping. Journal of Agroecology. 11 (4): 1511-1525.

Introduction
Increase agricultural production to match the increasing demand for food sources is inevitable. It causes too much pressure on the agricultural resource base and threatens the sustainability of these systems. Intercropping is an important method of high production in agriculture. This technic can affect soil environmental condition. Sustainable Agriculture defines the proper management of agricultural resources which in addition to changing human needs, maintaining environmental quality and capacity of soil and water resources. The aim of this study was to investigate the competition between two types of millet and peanuts and determine the best planting ratio of mixed cropping.

Materials and Methods
In order to investigate the effect of density, weeding and different ratios of millet (*Panucum miliaceum* L. var Common) and peanuts (*Arachis hypogaea* L. var Goli), an experiment as factorial has been conducted in a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Farm of Zabol University during 2012. The experimental treatment consisted of 4 planting ratio at (sole millet, 50% millet + 50% peanut, 100% millet + 100% peanut and sole peanut), 3 weeding levels (non-weeding, once weeding and twice weeding) and 2 levels of intervals between rows (40 and 50 centimeters). Traits evaluated by environmental resources including (Photosynthetically Active Radiation and temperature and humidity of soil), soil nutrient elements (Ca, Mg, Na, and C), and land equivalent ratio (LER) for evaluation of intercropping compared to the monoculture.

Results and Discussion
The results showed that all studied traits were affected by the planting system. There was a significant interaction between planting system, weeding and density in light absorption, temperature and humidity. The results showed that the absorbed Photosynthetically Active Radiation in the intercropping (75.5%) was higher than the monoculture of both plants. Weed control increased the adsorption of Photosynthetically Active Radiation by 70.75%, and in the twice weeding treatments and low density, the highest amount of adsorbed Photosynthetically Active Radiation was obtained. The highest volumetric soil moisture was obtained in sole peanut (31.1%) and the highest soil temperature was obtained in sole millet (29.66 °C), respectively. Comparison of volumetric soil moisture and temperature in weed and density treatments indicated an increase in moisture content and a decrease in temperature by increasing weeding and density. The reduction of soil temperature in intercropping systems compared to sole millet can be attributed to the greater absorption of light by the intercropping canopy and the increase of shadow by plant canopy. Since the soil temperature under the canopy of intercropping systems was less than the soil temperature in sole millet, so the moisture content in the intercropping systems was higher than sole millet. The results of the changes in soil nutrient elements showed that the number of bivalent elements (calcium and magnesium contents) in additive intercropping series and monoculture of millet (0.033 and 1.907 ppm) was higher than the replacement intercropping and monoculture of peanut. The study of weeding showed that with increasing weeding, the amount of calcium and magnesium of the soil increased after weed harvesting. The cation exchange capacity of the root of the legumes is about twice as much as the root of the cereals. A plant with a higher cation exchange capacity can absorb more bivalent elements. For this reason, the power of peanut competition in absorbing bivalent elements of calcium and magnesium was higher than that of millet. The additive intercropping had the highest land equivalent ratio (1.65). The effect of weed control and density on the land equivalent ratio was significant, and twice weeding treatment with higher density had the maximum land equivalent ratio.

1, 2, 3 and 4- Former M.Sc. Student of Agro ecology, Associated professor r, Assistants professor and Professor of Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.76827

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusions
In total, intercropping systems with increasing weeding and density increased the number of soil elements after weeding and increased soil fertility, and treatment of 100% millet + 100% peanuts due to better utilization of resources and increased soil fertility and increase yield compared to monocultures, it was the best treatment in this study.

Keywords: Land equivalent ratio, Photosynthetically active radiation, Soil temperature, Volumetric soil moisture

www.SID.ir