نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 7، شماره 1، بهار 1394، ص. 19-1

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 1, Spring 2015, p. 1-19

ارزیابی تأثیر متقابل منبع تغذیه‌ای و تنوع گیاهان زراعی بر کارآیی مصرف نهاده‌ها در الگوهای مختلف کشت

الهام عزیزی[1]، علیرضا کوچکی[2*]، پرویز رضوانی مقدم[2] و مهدی نصیری محلاتی[2]

تاریخ دریافت: 1389/12/01
تاریخ پذیرش: 1391/01/19

چکیده

به منظور بررسی اثر تنوع گیاهی و نوع منبع تغذیه ای بر کارآیی مصرف آب و عناصر غذایی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی 1385-1384 و 1386-1385 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای مورد بررسی دو منبع کود دامی و کود شیمیایی در کرت‌های اصلی و کشت مخلوط سه واریته سویا (*Glycine max* L.) (ویلیامز، سحر و گرگان 3)، کشت مخلوط سه گونه ارزن (ارزن معمولی (*Panicum miliaseum* L.)، مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) و دم روباهی (*Setaria italic* L.)، کشت مخلوط ارزن معمولی- سویا- کنجد (*Sesamum indicum* L.) و کشت مخلوط ارزن- کنجد- شنبلیله(*Trigonella foenum-graecum* L.)-زنیان(*Trachyspermum ammi* L.) همراه با تک کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی در کرت‌های فرعی را شامل می‌شد. نتایج نشان داد که الگوهای مختلف کشت از نظر کارآیی مصرف آب اختلاف معنی‌داری داشتند. در سال زراعی اول، در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، مخلوط سه گونه ارزن و مخلوط ارزن، سویا و کنجد، دارای بیشترین کارآیی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیکی بودند. در سال زراعی دوم در بین الگوهای مخلوط مورد بررسی، کشت مخلوط سه گونه ارزن بیشترین کارآیی مصرف آب را برحسب عملکرد بیولوژیکی داشت. برترین الگوی مخلوط از نظر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بافت گیاهی در واحد سطح، مخلوط سه واریته سویا و مخلوط ارزن، سویا و کنجد بود. در سال زراعی اول، در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، کشت مخلوط سه واریته سویا بیشترین کارآیی مصرف عناصر غذایی را داشت. در سال زراعی دوم، در بین الگوهای مخلوط، کشت مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان از نظر کارآیی مصرف عناصر غذایی، اختلاف معنی‌داری با هم نداشته و برتر از مخلوط سه گونه ارزن بودند. در هر دو سال زراعی، کشت‌های مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان دارای کارآیی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. از نظر کارآیی جذب پتاسیم نیز مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد بهتر از دیگر کشت‌های مخلوط عمل کرد. در این مطالعه نوع منبع تغذیه‌ای بر کارآیی مصرف آب و عناصر غذایی تأثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: آب، تک کشتی، عناصر غذایی، کارآیی جذب، کارآیی مصرف، کشت مخلوط

مقدمه

عملیات رایج در اراضی زراعی و مدیریت آب و خاک کارآمد نبوده و در آن، هدررفت منابع و خسارت به محیط زیست قابل ملاحظه است (Lal, 2000). در این میان، تنوع زراعی و درک اثرات متقابل پیچیده بین عوامل محیطی و اقتصادی- اجتماعی، راهکاری جهت استفاده بهتر از منابع محدود می‌باشد (Tengberg et al., 1998). بعضی از محققین (Mannion, Walker & Ogindo, 2003; 1995) عقیده دارند که در طی دوره‌ها و فصول خشک، متنوع‌ترین بوم‌نظام‌ها، تولید بیشتری در مقایسه با بوم‌نظام‌های دارای تنوع کمتر دارند. دلیل این امر ممکن است کارآیی بهتر در استفاده از منابع محیطی نظیر آب، نور و عناصر غذایی باشد (Hulugalle & Lal, 1986; Walker & Ogindo, 2003). افزایش کارآیی مصرف

1 و 2- به ترتیب استادیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

عناصر غذایی در کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی ممکن است از این طریق قابل توصیف باشد که دو گونه در مخلوط دقیقاً برای منابع غذایی یکسان رقابت نکرده و ساختار ریشه و فنولوژی گیاهان منجر به حالت تکمیل کنندگی در تسخیر منابع می‌شود (Vandermeer et al., 1998; Hauggaard-Nielsen et al., 2001a; Hauggaard-Nielsen, 2001b).

کاویجلیا و همکاران (Caviglia et al., 2004) دریافتند که اثر کشت دوگانه، بر تسخیر و جذب آب در مقایسه با تشعشع بسیار بیشتر بود. جزیی از بارندگی سالانه که توسط گیاهان دریافت گردید از 0/26 تا 0/51 در تک کشتی به 0/53تا 0/71 در مخلوط دوگانه افزایش یافت در حالی که جذب تشعشع فعال فتوسنتزی از 0/24تا 0/31 به 0/38 تا 0/44 رسید. نامبردگان اظهار داشتند که اثر متفاوت مخلوط بر جذب این دو منبع به ماهیت قابل ذخیره بودن آب و غیر قابل ذخیره بودن تشعشع باز می‌گردد. آب در خاک ذخیره شده و قابلیت ایجاد تعادل بین دسترسی منبع و تقاضا وجود داشت در صورتی که جذب تشعشع به ساختار و اندازه پوشش گیاهی بستگی داشته و هیچ مکانیسم جبران کنندگی برای بازیابی نور جهت جذب وجود نداشت. بنا بر گزارش رانگاسامی و همکاران (Rangasamy et al., 1988) در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiate* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، مصرف آب کاهش و کارآیی مصرف آن افزایش یافت.

گراهام و وانس (Graham & Vance, 2000) گزارش کردند که سیستم کشت مخلوط در کنار سایر عوامل، مدیریت نیتروژن در مزرعه را بهبود می‌بخشد. نئومان و همکاران (Neumann & Rauber, 2007) گزارش کردند که کشت مخلوط نخود و یولاف، منجر به افزایش معنی‌داری در محتوای نیتروژن دانه در یولاف و نخود شد. خطر آبشویی نیتروژن بعد از کشت مخلوط در مقایسه با نخود تک کشتی کمتر بود و یک همبستگی منفی بین محتوای نیتروژن و عملکرد دانه در کشت مخلوط نخود- یولاف مشاهده شد. وایتمور و شرودر (Whitmore & schröder, 2007) در مطالعه مدلسازی میزان نیتروژن آبشویی شده در مزرعه تک کشتی و مخلوط ذرت با گندمیان دیگر دریافتند که عملکرد و سودمندی الگوهای مخلوط، رابطه معکوسی با بقایای نیتروژن بعد از برداشت داشت. نامبردگان اظهار داشتند که کشت مخلوط شاید روش مفیدی برای کاهش آلودگی مزارع با حفظ عملکرد آن‌ها باشد. اوفسو- بدیو و همکاران (Ofosu-Budu et al., 1995) اظهار داشتند که در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)- سویا (*Glycine max* L.)، کل نیتروژن تجمع یافته در اندام‌های سورگوم بیشتر از تک کشتی آن بود. به نظر می‌رسد که توسعه و هم‌پوشانی بیشتر سیستم ریشه‌ای گیاهان، مقدار جذب و انتقال نیتروژن را افزایش داد.

نصیری و الگرشما (Nassiri & Elgersma, 2002) در بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن بر کشت مخلوط و تک کشتی شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) و چچم (*Lolium temulentum* L.) اظهار داشتند که کاربرد کود نیتروژن، چچم و شبدر را به طور متفاوتی تحت تأثیر قرار داد. در کشت مخلوط، عملکرد کل ماده خشک، بالاتر بوده، اما ماده خشک شبدر در حدود نصف مقدار آن در تک کشتی‌ها بود. نامبردگان گزارش کردند که شاخص سطح برگ چچم در پاسخ به کود به کار رفته به طور معنی‌داری هم در تک کشتی‌ها و هم در کشت‌های مخلوط افزایش یافت.

زنگ و لی (Zhang & Li, 2003) اظهار داشتند که در کشت‌های مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.)- ذرت، گندم- سویا، باقلا (*Vicia faba* L.)- ذرت (*Zea mays* L.) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)-ذرت، تسهیل بین گونه‌ای مشاهده شد. به طوری که ذرت، جذب آهن را در مخلوط با بادام زمینی بهبود بخشید و باقلا جذب نیتروژن و فسفر توسط مخلوط باقلا- ذرت را افزایش داد. نامبردگان نتیجه گرفتند که کشت مخلوط با کارآیی بیشتر مصرف منابع غذایی، مقدار نیترات در پروفیل خاک را کاهش داد.

ارقام مختلف یک گونه نیز ممکن است در کارآیی مصرف عناصر غذایی متفاوت باشند. اسونجاک و رنجل (Svečnjak & Renjel, 2006) به نقل از ساتلماچر و همکاران (Satelmacher et al., 1994) اظهار داشتند که تغییرات ژنتیکی در استفاده از عناصر غذایی ممکن است به دو جزء اصلی تفاوت ژنوتیپ‌ها در کارآیی جذب و مصرف عناصر غذایی جهت تولید ماده خشک نسبت داده شود. اسونجاک و رنجل (Svečnjak & Renjel, 2006) در بررسی تفاوت رقم‌های کلزا (*Brassica napus* L.) از لحاظ راندمان مصرف نیتروژن در مرحله رویشی دریافتند که اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها از نظر میزان نیتروژن در ریشه‌ها و ساقه‌ها وجود داشت. اگرچه گیاهان، جذب نیتروژن کل مشابهی داشتند، تفاوت در کارآیی مصرف نیتروژن به دلیل اختلاف در زیست توده گیاهی ارقام بود. نتایج

نامبردگان حاکی از آن است که در سطوح پایین نیتروژن، همه نیتروژن اضافه شده به خاک، توسط گیاه جذب و در محصول برداشت شده مشاهده شد درصورتی که با افزایش نیتروژن کودی، بخش اعظمی از آن در خاک باقی مانده و توسط گیاه جذب نگردید.

هدف از اجرای این طرح بررسی اثر تنوع گیاهی برکارآیی مصرف آب و عناصر غذایی در طیف وسیعی از گیاهان شامل سه واریته سویا (سویای زود رس- رقم ویلیامز، سویای متوسط رس- رقم سحر و سویای دیر رس- رقم گرگان 3، سه گونه ارزن (ارزن دم روباهی، ارزن معمولی و ارزن مرواریدی)، کنجد و گیاهان دارویی زنیان و شنبلیله با منابع تغذیه‌ای متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی 85-1384 و 86-1385 به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوع نهاده تغذیه‌ای (آلی و معدنی) در کرت‌های اصلی و الگوهای مختلف کشت در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نهاده آلی مورد استفاده، از نوع کود گوسفندی به میزان 20 تن در هکتار با مشخصات مندرج در جدول 1 بود و در تیمار نهاده معدنی، معادل عناصر پر مصرف موجود در نهاده آلی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم، نهاده معدنی (اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) استفاده شد.

الگوهای کشت گیاهان زراعی نیز بر اساس انواع تنوع طراحی شد:

تنوع گونه‌ای: کشت همزمان سه گونه ارزن شامل ارزن معمولی، دم روباهی و مرواریدی

تنوع ژنتیکی: کشت همزمان سه رقم سویا شامل ویلیامز، سحر و گرگان3تنوع کارکردی: کشت همزمان رقم اکتان کنجد، ارزن معمولی و سویا (رقم سحر) و همچنین کشت همزمان ارزن معمولی، کنجد، شنبلیله و زنیان تک کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر، کرت‌بندی مزرعه صورت گرفت وگیاهان درون کرت‌ها و با تراکم توصیه شده کشت گردید. در تیمارهای چند کشتی نیز، کشت بذور گونه‌ها به صورت مخلوط درهم در قالب طرح افزایشی انجام شد. برای پوشاندن بذرها از خاکبرگ همراه با ماسه استفاده شد. کود دامی یک ماه قبل از کاشت و کود شیمیایی، همزمان با کاشت و چهار هفته بعد از کاشت به صورت سرک به خاک داده شد.

ابعاد هر کرت اصلی 3×71 متر و هر کرت فرعی 3×5 متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی در داخل هر کرت اصلی 50 سانتی‌متر و بین کرت‌های اصلی در هر تکرار 2 متر بود.

به منظوراندازه‌گیری کارآیی مصرف آب و عناصر غذایی، نمونه-گیری، بعد از بسته شدن پوشش گیاهی و در زمان گلدهی انجام شد. کل گیاهان موجود در کوادراتی به ابعاد 40×40 سانتی‌متر که به طور تصادفی در هر کرت قرار داده شده بود، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد.

جدول 1- مشخصات خاک و کود دامی محل آزمایش در دو سال زراعی 85-1384 و 86-1385

Table1- Manure and soil characteristics of experiment place during growth season in 2005- 2006

سال زراعی Year	منابع تغذیه‌ای Nutrient resource	نیتروژن کل (درصد) Nitrogen (%)	فسفر کل (پی-پی‌ام) Phosphorus (ppm)	پتاسیم کل (پی‌پی‌ام) Potassium (ppm)	واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر) EC ($dS.m^{-1}$)	بافت Texture
2005- 2006	خاک Soil	0.05	14.00	110.11	7.1	2.99	loam
	کود دامی Manure	1.23	168.12	171.06	-	-	-
2006- 2007	خاک Soil	0.07	20.92	8.60	7.7	2.08	loam
	کود دامی Manure	1.28	276.07	2992.50	-	-	-

الف) اندازه گیری کارآیی مصرف آب در پوشش‌های گیاهی مختلف

تبخیر و تعرق بالقوه تجمعی از طریق اندازه‌گیری میـزان تبخیـر روزانه از تشتک تبخیر کلاس A در طـی فصـل رشـد و در ایسـتگاه هواشناسی تعیین شد. متوسط ضریب گیاهی گونه‌های مختلـف ارزن، سویا و کنجد به ترتیب 1، 1/15 و 1/1 در نظر گرفتـه شـدند. بـرای تعیین ضریب گیاهی شنبلیله و زنیان نیز از گونه‌های مشابه اسـتفاده گردید (Alizadeh & Kamali, 2007).

کارآیی مصرف آب پوشش‌های گیاهی مختلف، با محاسبه میزان تبخیر و تعرق گیاهی (معادله 1) در طی فصل رشد و تعیین عملکـرد دانه و عملکرد بیولوژیکی مربوط به هر تیمار، اندازه‌گیری شد (معادله 2).

$$ET_c = ET_o.K_c$$ معادله (1)

که در این معادله، ET_C: تبخیر و تعرق گیـاه (میلـی‌متـر)، ET_o: تبخیر و تعرق بالقوه (میلی‌متر) و K_C: ضریب گیاهی (واحد ندارد) می‌باشد.

$$WUE = \frac{y}{ET_c}$$ معادله (2)

که در این معادله، Y: عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی گیاه بـر حسب گرم در مترمربع و WUE: کارآیی مصرف آب (گرم عملکـرد بر میلی‌متر تبخیر و تعرق) می‌باشد.

ب) اندازه‌گیری درصد و کارآیی جذب و مصـرف نیتـروژن در پوشش‌های گیاهی مختلف

پوشش گیاهی برداشت شده به لایه‌های 20 سانتی‌متری تقسـیم شده و پس از جداسازی برگ و ساقه و خشـک شـدن در دمـای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت، درصد نیتروژن برگ هر لایه به طور مجزا اندازه‌گیری شد. درصد نیتروژن ساقه نیـز در کـل پوشـش گیاهی و بدون لایه‌بندی تعیین شد. در الگوهای کشت مخلوط، علاوه بر اندازه‌گیری درصد نیتروژن برگ هـر گیـاه در لایـه‌هـای مختلـف پوشش گیاهی، نسبت وزنی هر یک از گیاهان موجود در مخلـوط در واحد سطح تعیین و درصد نیتروژن پوشش گیاهی مخلـوط محاسـبه شد.

به منظور تعیین درصد نیتروژن در اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) و کارآیی جذب و مصرف نیتروژن گیاه، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب شده و پس از هضم آن با اسید سولفوریک و کاتالیزور، مقدار نیتروژن در عصاره حاصل توسط روش کجلدال اندازه‌گیری شد.

- اندازه‌گیری کارآیی جذب و مصرف فسفر و پتاسـیم در پوشش‌های گیاهی مختلف

به این منظور ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب شده، به کوره بـا دمـای 760 درجه سانتی‌گراد منتقل شد و پس از گذشت سه ساعت، میـزان فسفر و پتاسیم موجود در خاکستر حاصل اندازه‌گیری شد. برای اندازه-گیری فسفر و پتاسیم به ترتیب از دستگاه‌های اسپکتروفتومتر و فلیم-فتومتر استفاده گردید. برای تعیین کـارآیی جـذب و مصـرف عناصـر غذایی معادلات (3) و (4) استفاده شد.

$$NAE = \frac{N_{DM}}{N_{initial}}$$ (کارآیی جذب عنصر غذایی) معادله (3)

$$NUE = \frac{Y}{N_{initial}}$$ (کارآیی مصرف عنصر غذایی) معادله (4)

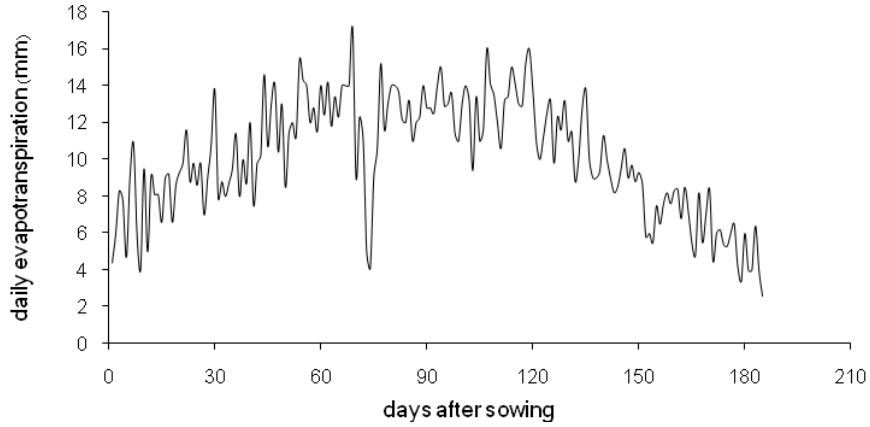
که در این معادله‌ها، N_{DM}: میزان عنصر غذایی موجود در گیاه بر حسب گرم در متر مربع، $N_{initial}$: میزان عنصر غذایی موجود در کـود دامی و خاک در ابتدای کاشت بر حسب گرم در مترمربع و Y: عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی گیاه بر حسب گرم در مترمربع می‌باشد.

تجزیه آماری داده‌ها و رسـم نمودارهـا بـا اسـتفاده از نـرم‌افزارهـای Minitab Var.13، Mstatc و Excel صورت گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان 95 درصد مقایسه شدند.

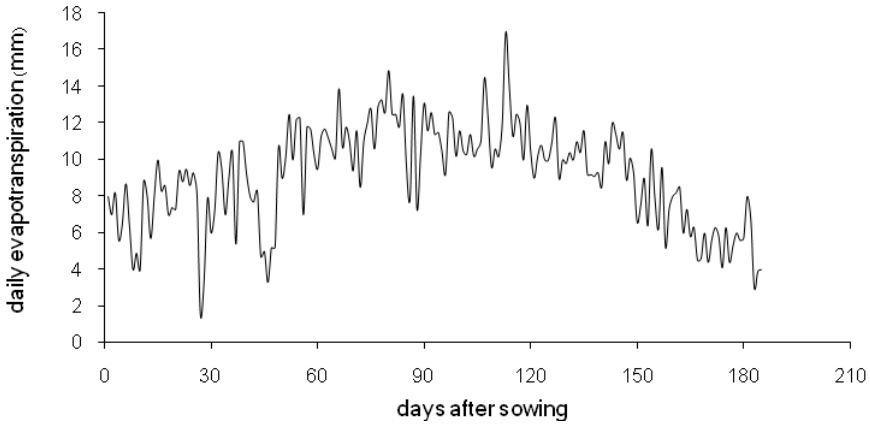
نتایج و بحث

الف) کارآیی مصرف آب

میزان تبخیر و تعرق تجمعی و روزانه در سال‌هـای زراعـی 85-1384 و 86-1385 در شـکل‌هـای 1 و 2 نشـان داده شـده اسـت. میانگین تبخیر و تعرق روزانه در طی فصل رشد در سال زراعـی اول، یک میلی‌متر بیشتر از سال زراعی دوم بود. تبخیر و تعرق تجمعی در انتهای فصل رشد در سال زراعی اول معادل 1873/1 میلی‌متـر و در سال زراعی دوم معادل 1692/6 میلی‌متر بود.



شکل 1- میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در طی فصل رشد در سال زراعی 85-1384
Fig. 1- Daily potential evapotranspiration during growth season in 2005- 2006



شکل 2- میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در طی فصل رشد در سال زراعی 86-1385
Fig. 1- Daily potential evapotranspiration during growth season in 2006- 2007

اثر الگوی کاشت بر کارآیی مصرف آب از نظر آماری معنی‌دار بود. اما کارآیی مصرف آب تحت تأثیر نوع منبع تغذیه‌ای قرار نگرفت (جدول 2).

همان گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود، الگوهای تک کشتی و چند کشتی، کارآیی مصرف آب متفاوتی داشتند. در سال زراعی اول، بیشترین کارآیی مصرف آب بر حسب عملکرد بذر مربوط به تک کشتی ارزن دم روباهی و سویا واریته‌های ویلیامر و گرگان 3 بود. چهار نوع مخلوط مورد بررسی از نظر کارآیی مصرف آب بر حسب عملکرد بذر، اختلاف معنی‌داری نداشتند. در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، مخلوط سه گونه ارزن و مخلوط ارزن، سویا و کنجد، دارای بیشترین کارآیی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیکی بودند. با کاربرد یک گیاه چهارکربنه علوفه‌ای با گیاهان سه‌کربنه‌ای که دارای توسعه سیستم ریشه‌ای متفاوتی هستند، از آب موجود بهتر استفاده شده و عملکرد بیولوژیکی بیشتری در ازای آب مصرفی تولید می‌گردد.

جدول 2- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کارآیی مصرف آب در سال‌های زراعی 85-1384 و 86-1385

Table 2- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on water use efficiency during in 2005-2006 and 2006-2007

میانگین مربعات Mean of square				درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of variation
2006- 2007		2005- 2006			
بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield		
16.15 ns	4.02 ns	508.32 ns	14.55 ns	2	بلوک Block
856.83 ns	22.28 ns	115.32 ns	1.72 ns	1	نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource
64.86	4.18	237.06	8.35	2	خطای 1 Error 1
112.46 **	27.97**	311.21**	24.27**	12	الگوی کاشت Planting systems
169.27**	10.78**	112.09 ns	3.01 ns	12	منبع تغذیه‌ایx الگوی کاشت Planting systems× nutrient resource
44.91	2.02	65.58	5/00	48	خطای 2 Error2

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

**: significant at α=0.01 probability level, *: significant at α=0.05 probability level and ns: no significant

جدول 3- اثر الگوهای کشت مختلف برکارآیی مصرف آب در دو سال زراعی

Table 3- Effect of different cropping systems on water use efficiency in two years

نام گونه Species	2005- 2006 کارآیی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm^{-1})		2006- 2007 کارآیی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm^{-1})	
	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield
Pan	25.60^{abc*}	2.25 ^{cd}	25.98 ^{cd}	1.63 ^{defg}
Pen	11.08 ^{ef}	0.74 ^{d}	59.28 ^{a}	0.00 ^{g}
Set	22.23 ^{abcd}	6.71 ^{a}	23.95 ^{cd}	4.47 ^{bc}
Soyv	20.05 ^{bcde}	6.13 ^{ab}	21.48 ^{cde}	7.39 ^{a}
Soys	19.54 ^{bcde}	3.67 ^{bcd}	13.55 ^{efg}	2.79 ^{cde}
Soyg	30.67 ^{a}	6.05 ^{ab}	9.41 ^{g}	1.14 ^{efg}
Se	13.20 ^{def}	1.89 ^{cd}	10.94 ^{fg}	1.87 ^{def}
Tri	16.57 ^{cde}	3.00 ^{cd}	18.53 ^{def}	5.85 ^{ab}
tra	4.78 ^{f}	0.78 ^{d}	17.39 ^{defg}	1.09 ^{efg}
pps	24.79 ^{abc}	2.01 ^{cd}	40.28 ^{b}	0.75 ^{fg}
sss	19.32 ^{bcde}	3.83 ^{bc}	12.33 ^{fg}	3.41 ^{cd}
pss	28.60 ^{ab}	^{cd}2.99	28.37 ^{c}	2.76 ^{cde}
pstt	17.06 ^{cde}	1.50 ^{cd}	27.17 ^{c}	4.41 ^{bc}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at p≤0.05.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان soyg3، کنجد se، شنبلیله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی -معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان 3 sss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set(foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult.Gorgan3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

در سال زراعی دوم، در بین الگوهای تک کشتی، بیشترین کارآیی مصرف آب برحسب عملکرد بذر، در تک کشتی سویا واریته ویلیامز و شنبلیله مشاهده شد و کشت‌های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. نتایج نشان داد که در سال زراعی دوم در بین الگوهای مخلوط مورد بررسی، کشت مخلوط سه گونه ارزن بیشترین کارآیی مصرف آب را برحسب عملکرد بیولوژیکی داشت. هالوگان و لال (Hulugalle & Lal,1986) گزارش نمودند که کشت مخلوط ذرت و دال عدس در غرب نیجریه در شرایط بارندگی مناسب عملکرد بیشتری داشت. ایشان دلیل افزایش محصول را افزایش کارآیی مصرف آب در کشت مخلوط ذکر کردند. رانگاسامی و همکاران (Rangasamy et al., 1988) نیز اظهار داشتند که در کشت مخلوط ماش و پنبه، مصرف آب کاهش و کارآیی مصرف آن افزایش یافت.

جدول 4- اثر متقابل نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کارآیی مصرف آب در دو سال زراعی

Table 4- Effect of nutrient resource and different cropping systems on water use efficiency in two years

منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	الگوهای کشت Planting systems	2005- 2006 کارآیی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency ($g.mm^{-1}$)		2006- 2007 کارآیی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency ($g.mm^{-1}$)	
		بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield
کود آلی Manure	pan	30.85 a *	2.65 a	19.32 defghij	1.20 fghi
	pen	10.36 a	1.02 a	47.16 b	0.00 i
	set	31.62 a	4.93 a	27.02 cde	3.24 cdefgh
	soyv	20.63 a	6.53 a	12.97 fghij	3.75 cdefg
	soys	16.56 a	2.45 a	12.69 fghij	2.24 defghi
	soyg	39.55 a	6.62 a	8.09 ij	0.98 ghi
	se	10.71 a	1.50 a	7.21 j	0.99 ghi
	tri	14.18 a	2.45 a	25.32 cdef	7.97 b
	tra	4.07 a	0.68 a	12.71 fghij	1.39 fghi
	pps	21.11 a	2.37 a	30.67 cd	0.76 hi
	sss	19.42 a	4.06 a	9.98 hij	2.04 efghi
	pss	29.72 a	2.55 a	23.57 cdefg	1.17 fghi
	pstt	20.52 a	1.79 a	28.86 cd	4.88 cd
کود معدنی Chemical fertilizer	pan	a20.35	1.84 a	32.63 c	2.06 efghi
	pen	11.81 a	0.46 a	71.40 a	0.00 i
	set	21.8 a 4	8.48 a	20.88 cdefghi	5.70 bc
	soyv	19.48 a	5.72 a	30.00 cd	11.03 a
	soys	22.52 a	4.89 a	14.41 efghij	3.35 cdefgh
	soyg	21.80 a	5.4 8 a	10.73 ghij	1.30 fghi
	se	15.70 a	2.28 a	14.68 efghij	2.75 defghi
	tri	18.96 a	3.54 a	11.74 ghij	3.72 cdefg
	tra	5.49 a	0.88 a	22.07 cdefgh	0.79 hi
	pps	28.47 a	1.64 a	49.90 b	0.75 hi
	sss	19.21 a	3.61 a	14.68 efghij	4.79 cde
	pss	27.47 a	3.44 a	33.16 c	4.35 cd e
	pstt	13.60 a	1.19 a	25.47 cdef	3.94 cdef

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان soyg3، کنجد se، شنبلیله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان 3 sss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set(foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult.Gorgan3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

همانگونه که در جدول 4 مشاهده می شود کارایی مصرف آب با تغییر نوع منبع تغذیه ای و الگوی کاشت تغییر کرد. البته اختلاف بین تیمارها فقط در سال زراعی دوم معنی‌دار بود. بیشترین کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب مربوط به تک کشتی‌های سویا رقم ویلیامز به میزان 11/03 درصد و ارزن مرواریدی به میزان 71/40 درصد بود.

در سال زراعی دوم، در بین کشت های مخلوط مورد بررسی، بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بیولوژیکی، در کشت مخلوط سه گونه ارزن با نهاده تغذیه‌ای معدنی بدست آمد. بیشترین کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بذر مربوط به الگوهای مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد و مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان بود. (جدول 3). لهمان و همکاران (Lehmann et al., 1998) دریافتند که تراکم ریشه‌ای و تمایز مکانی ریشه‌ها در کشت مخلوط ردیفی آکاسیا (*Acacia saligna* L.) و سورگوم افزایش یافته و به تبع آن تخلیه آب خاک نیز بیشتر شد.

ب) کارآیی مصرف عناصر غذایی

همان گونه که در جدول 5 مشاهده می‌شود نوع الگوی کشت، تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن اندام‌های گیاهی داشت ولی تأثیر نوع منبع تغذیه‌ای بر درصد نیتروژن از نظر آماری معنی‌دار نبود.

الگوهای مختلف کشت از نظر درصد نیتروژن برگ و ساقه اختلاف معنی‌داری داشتند. در سال زراعی اول و دوم، شنبلیله و زنیان دارای بیشترین درصد نیتروژن برگ به ترتیب معادل 4/03 و 3/49 درصد بودند. متوسط نیتروژن گیاه نیز در کلیه الگوهای کشت در طی سال‌های مختلف، متفاوت بود.

جدول 5- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر نیتروزن برگ، ساقه و متوسط نیتروژن موجود در گیاه در سال‌های زراعی 85-1384 و 86-1385

Table 5- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on nitrogen of leaf, stem and average of plant nitrogen in 2005-2006 and 2006-2007

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of square					
		2006- 2007			2006- 2007		
		نیتروژن برگ Leaf (درصد) nitrogen (%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	متوسط نیتروژن گیاه(درصد) Average of plant nitrogen (%)	نیتروژن برگ Leaf (درصد) nitrogen(%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	متوسط نیتروژن گیاه(درصد) Average of plant nitrogen (%)
بلوک Block	2	1.46 ns	0.08 ns	0.58 ns	0.47 ns	0.75 ns	0.43 ns
نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource	1	0.21 ns	0.02 ns	0.24 ns	0.28 ns	0.21 ns	0.03 ns
خطای 1 Error 1	2	1.00	0.04	0.59	0.34	1.04	0.19
الگوی کاشت Planting systems	12	2.07**	0.96**	2.24**	3.42**	1.82**	1.34**
منبع تغذیه ای× الگوی کاشت Planting systems×nutrient resource	12	1.05 ns	0.21 ns	0.43 ns	0.52 ns	0.95*	0.40 ns
خطای 2 Error 2	48	0.73	0.24	0.28	0.57	0.48	0.33

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

**: significant at α=0.01 probability level, *: significant at α=0.05 probability level and ns: no significant

در سال زراعی اول، بیشترین درصد نیتروژن در الگوهای تک کشتی شنبلیله (2/59)، زنیان (2/74) و سویا رقم ویلیامز (2/21) و کشت مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان به دست آمد. در سال زراعی دوم نیز تک کشتی شنبلیله بیشترین درصد نیتروژن (3/50 درصد) را دارا بود. در هر دو سال زراعی در بین الگوهای مخلوط مورد بررسی، بیشترین درصد نیتروژن در الگوی مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان مشاهده شد (جدول 6). نتایج نشان داد که در کلیه تیمارها، درصد نیتروژن برگ بیشتر از ساقه بود. دلیل این امر وجود آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز در برگ‌ها جهت فتوسنتز است که نیتروژن یکی از عناصر غذایی لازم در ساخت این آنزیم می‌باشد. اسونجاک و رنجل (Svečnjak & Renjel, 2006) در بررسی مصرف نیتروژن توسط اندام‌های مختلف واریته‌های کلزا دریافتند که اختلاف معنی‌داری بین ارقام از نظر میزان نیتروژن در اندام‌های مختلف وجود داشت و پهنک‌های جوان در مقایسه با ساقه‌های واریته‌های مختلف کلزا دارای محتوای نیتروژن بیشتری بودند.

میانگین تغییرات درصد نیتروژن گیاهان در لایه‌های مختلف الگوهای کشت مورد بررسی در جدول 7 نشان داده شده است. در اغلب گیاهان با تغییر ارتفاع گیاهان از پایین به سمت بالای پوشش گیاهی، درصد نیتروژن گیاه افزایش یافت که شاید یکی از دلایل آن وجود برگ‌های جوان‌تر با توان فتوسنتزی بالاتر در قسمت‌های فوقانی گیاه باشد. در الگوی مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان با نهاده آلی، میزان نیتروژن موجود در گیاهان کنجد و زنیان در مقایسه با تک کشتی افزایش یافت اما درصد نیتروژن موجود در اندام‌های مختلف گیاه شنبلیله کاهش یافت. یکی از دلایل افزایش درصد نیتروژن کنجد و زنیان در مخلوط، مجاورت آن‌ها با گیاه تثبیت کننده نیتروژن می‌باشد. حضور گیاهان تثبیت کننده نیتروژن علاوه بر افزایش درصد نیتروژن موجود در خاک، با نیاز کمتر این گیاهان به نیتروژن کودی، به افزایش سهم گیاهان دیگر از نیتروژن در دسترس، منجر می‌شود.

جدول 6- درصد نیتروژن برگ، ساقه و متوسط نیتروژن گیاهان در الگوهای کشت مختلف در دو سال زراعی

Table 6- Nitrogen percentage of leaf, stem and average of plant nitrogen in different cropping systems in two years

گونه Species	2005- 2006			2006- 2007		
	متوسط نیتروژن گیاه (درصد) Average of plant nitrogen (%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	متوسط نیتروژن گیاه (درصد) Average of plant nitrogen (%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)
Pan	1.36 c*	1.38 c	1.83 cd	1.60 de	1.06 c	1.66 c
Pen	1.67 bc	1.51 c	1.71 cd	1.61 de	1.72 ab	1.62 c
Set	1.38 c	1.17 c	1.39 d	1.28 e	1.11 bc	1.63 c
Soyv	2.21 ab	1.67 c	2.62 bc	2.14 bcd	2.04 a	2.38 abc
Soys	1.70 bc	2.57 ab	2.32 cd	2.44 bc	1.33 bc	2.07 bc
Soyg	1.75 bc	1.79 bc	2.39 cd	2.09 bcd	1.39 bc	2.11 bc
Se	1.58 bc	1.22 c	2.26 cd	1.74 cde	1.18 bc	1.98 c
Tri	2.59 a	2.96 a	4.03 a	3.50 a	2.03 a	3.15 ab
tra	2.74 a	1.97 bc	3.49 ab	2.73 b	2.15 a	3.34 a
pps	1.45 bc	1.14 c	1.40 d	1.27 e	1.21 bc	1.68 c
sss	1.34 c	1.22 c	2.50 c	1.85 cde	1.07 bc	1.61 c
pss	1.46 bc	1.55 c	2.06 cd	1.81 cde	1.17 bc	1.76 c
pstt	2.12 abc	1.72 bc	2.34 cd	2.03 cd	1.65 abc	2.58 abc

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان soyg3، کنجد se، شنبلیله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان 3 sss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set(foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult.Gorgan3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

جدول ۷- تغییرات درصد نیتروژن در لایه‌های مختلف پوشش گیاهی (میانگین دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ و ۸٦-۱۳۸۵)

Table 5- Variation of nutrient percentage in different canopy layers in 2005- 2006 and 2006- 2007

نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	لایه‌ها	ارتفاع لایه‌ها از پایین پوشش گیاهی (سانتی‌متر) Layer height (cm)	تک کشتی Monoculture									مخلوط سه واریته سویا Intercropping of 3 soybean varieties	مخلوط سه گونه ارزن Intercropping of 3millet species			مخلوط ارزن- سویا- کنجد Intercropping of mille-sesame-soybean			مخلوط ارزن-کنجد-شنبلیله- زنیان Intercropping of millet-sesame- fenugreek-ajowan			
			pan	pen	set	soy v	soys	soy g	se	tri	tra	sss	pan	pen	set	pan	soy	se	pan	pan	tri	tra
کود دامی Manure	لایه اول Layer 1	0-20	2.16	0.36	0.45	1.29	0.51	1.23	1.00	1.34	3.05	0.10	1.11	1.44	0.06	0.75	0.94	-	1.05	1.05	1.99	2.71
	لایه دوم Layer2	20-40	1.96	1.77	0.52	1.94	1.33	1.11	1.11	5.16	3.50	0.70	1.94	1.32	0.67	0.75	1.38	-	1.17	1.17	3.83	3.81
	لایه سوم Layer3	40-60	2.67	1.97	0.54	2.25	1.54	1.31	3.22	-	3.61	0.033	2.34	1.53	1.14	1.09	1.54	-	1.15	1.15	3.93	3.66
	لایه چهارم Layer4	60-80	1.72	2.06	1.41	2.46	1.74	2.64	3.27	-	3.68	1.26	1.55	1.45	0.72	2.63	1.71	-	1.99	1.99	-	4.70
	لایه پنجم Layer5	80-100	-	2.24	-	2.66	-	-	-	-	-	-	-	2.01	1.57	-	-	-	-	-	-	-
	لایه ششم Layer6	100-120	-	2.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کود شیمیایی Chemical fertilizer	لایه اول Layer 1	0-20	1.58	1.82	1.29	1.49	0.43	1.00	1.07	1	2.80	0.18	1.13	1.72	1.47	1.42	1.70	1.55	0.71	0.71	1.14	0.35
	لایه دوم Layer2	20-40	2.43	2.60	2.35	2.27	0.72	2.23	1.50	4.26	3.64	0.56	1.60	1.67	2.02	1.42	1.14	2.14	1.13	1.13	3.24	0.49
	لایه سوم Layer3	40-60	3.40	1.11	2.73	2.57	0.31	3.62	2.22	-	5.04	1.12	0.90	2.33	2.80	1.32	3.01	2.08	2.96	2.96		1.24
	لایه چهارم Layer4	60-80	3.56	2.47	2.42	2.82	3.57	2.83	2.59	-	4.49	1.36	1.89	2.62	3.31	1.96	3.46	-	2.74	2.74	-	1.48
	لایه پنجم Layer5	80-100	3.49	2.99	3.60	-	-	-	-	-	-	-	2.95	2.68	3.60	-	-	-	2.85	2.85	-	-
	لایه ششم Layer6	100-120	-	3.04	-	-	-	-	-	-	-	-	2.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* پوشش گیاهی از پایین به سمت بالا ی پوشش، تقسیم بندی شد.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان soyg۳، کنجد se، شنبلیله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان ۳ sss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set(foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult.Gorgan3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر نوع مبع تغذیه‌ای و الگوی کشت بر مقدار کل و کارآیی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ و ۸٦-۱۳۸۵

Table 8- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on the total amount and absorption of N, P and K s in 2005- 2006 and 2006- 2007

میانگین مربعات در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴

Mean of square during growing season of 2005-2006

کارایی جذب (گرم بر گرم) absorption efficiency($g.g^{-1}$)			میزان عناصر غذایی گیاه (گرم در مترمربع) Amount of nutrient per plant ($g.m^{-2}$)			درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of variation
پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorous	نیتروژن Nitrogen	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorous	نیتروژن Nitrogen		
0.001^{ns}	0.000^{ns}	0.12^{ns}	0.011^{ns}	0.001^{ns}	72.82^{ns}	2	بلوک Block
0.000^{ns}	0.000^{ns}	0.00^{ns}	0.005^{ns}	0.000^{ns}	0.11^{ns}	1	نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource
0.002	0.000	0.08	0.016	0.002	46.23	2	خطای ۱ Error 1
0.001^{*}	0.000^{*}	0.41^{**}	0.017^{*}	0.002^{*}	250.53^{**}	12	الگوی کاشت Planting systems
0.001^{ns}	0.000^{ns}	0.17^{ns}	0.007^{ns}	0.001^{ns}	105.56^{ns}	12	منبع تغذیه ای× الگوی کاشت Planting systems×nutrient resource
0.001	0.000	0.15	0.008	0.001	91.90	48	خطای ۲ Error 2
			میانگین مربعات در سال زراعی ۸٦-۱۳۸۵				
			Mean of square during growing season of 2006-2007				
0.000^{ns}	0.000^{ns}	0.001^{ns}	0.001^{ns}	0.000^{ns}	0.90^{ns}	2	بلوک Block
0.000^{ns}	0.000^{ns}	0.04^{ns}	0.001^{ns}	0.000^{ns}	25.22^{ns}	1	نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource
0.000	0.000	0.10	0.002	0.000	65.43	2	خطای ۱ Error 1
0.000^{**}	0.000^{**}	0.12^{**}	0.003^{**}	0.002^{**}	79.05^{**}	12	الگوی کاشت Planting systems
0.000^{ns}	0.000^{ns}	0.05^{ns}	0.001^{ns}	0.001^{ns}	34.49^{ns}	12	منبع تغذیه ای× الگوی کاشت Planting systems×nutrient resource
0.000	0.000	0.03	0.001	0.000	19.18	48	خطای ۲ Error 2

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

**: significant at α=0.01 probability level, *: significant at α=0.05 probability level and ns: no significant

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر نوع مبع تغذیه‌ای و الگوی کشت بر کارآیی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ و ۸٦-۱۳۸۵

Table 9- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on N, P and K use efficiency in 2005- 2006 and 2006- 2007

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	کارآیی مصرف (گرم دانه بر گرم عناصر غذایی موجود در محیط) Nutrient use efficiency based on seed yield			کارآیی مصرف (گرم ماده خشک بر گرم عناصر غذایی در محیط) Nutrient use efficiency based on dry weight		
		نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium
میانگین مربعات در سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ Mean of square during growing season of 2005-2006							
بلوک Block	2	10.40 ns	554.56 ns	536.20 ns	356.14 ns	19002.20 ns	18375.08 ns
نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource	1	1.12 ns	59.60 ns	57.62 ns	76.57 ns	4080.90 ns	3946.34 ns
خطای ۱ Error 1	2	5.42	289.59	280.10	156.23	8332.88	8057.42
الگوی کاشت Planting systems	12	17.49**	932.46**	901.66**	232.85**	12418.19**	12007.76**
منبع تغذیه ای× الگوی کاشت Planting systems×nutrient resource	12	1.97 ns	105.11 ns	101.61 ns	73.82 ns	3936.25 ns	ns3806.23
خطای ۲ Error 2	48	3.25	173.59	167.83	43.65	2327.48	2250.66
میانگین مربعات در سال زراعی ۸٦-۱۳۸۵ Mean of square during growing season of 2006-2007							
بلوک Block	2	2.24 ns	48.17 ns	42.94 ns	6.00 ns	131.72 ns	117.61 ns
نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource	1	12.79 ns	273.47 ns	244.2 ns 3	414.23 ns	9091.01 ns	9116.14 ns
خطای ۱ Error 1	2	2.33	49.70	44.41	33.59	737.62	658.33
الگوی کاشت Planting systems	12	15.17**	**324.79	289.99**	457.25**	10039.01**	8961.19**
منبع تغذیه ای× الگوی کاشت Planting systems×nutrient resource	12	5.88**	**125.81	112.33**	77.55**	1702.08**	1519.51**
خطای ۲ Error 2	48	1.06	22.79	20.34	21.42	470.40	419.93

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

**: significant at α=0.01 probability level, *: significant at α=0.05 probability level and ns: no significant

جدول ۱۰- میزان و کارآیی جذب و مصرف عناصر غذایی در الگوهای کشت مختلف در سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤

Table 10- Amount, absorption and use efficiency of nutrient in different cropping systems in 2005- 2006

2005-2006

گونه Species	میزان عناصر غذایی در گیاه (گرم در متر مربع) Amount of nutrient in plant ($g.m^{-2}$)			کارآیی جذب عناصر غذایی (گرم بر گرم) Absorption efficiency ($g.g^{-1}$)			کارآیی مصرف عناصر غذایی (گرم دانه بر گرم عناصر غذایی موجود در خاک و کود) Nutrient use efficiency based on seed yield ($g.g^{-1}$)			کارآیی مصرف (گرم ماده خشک بر گرم عناصر غذایی موجود در خاک و کود) Nutrient use efficiency based on dry weight ($g.g^{-1}$)		
	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
Pan	8.265 abcd*	0.015 c	0.068 bc	0.337 abcd	0.005 b	0.020 ab	1.710 bc	12.480 bc	12.270 bc	19.500 abc	142.400 abc	140.000 abc
Pen	1.488 d	0.003 c	0.013 c	0.060 d	0.000 b	0.003 b	0.563 c	4.118 c	4.050 c	8.440 de	61.630 de	60.610 de
Set	2.518 d	0.008 c	0.031 c	0.101 d	0.000 b	0.010 b	5.107 a	37.290 a	36.670 a	16.930 bcd	123.600 bcd	121.600 bcd
Soyv	18.020 abc	0.025 bc	0.115 abc	0.733 abc	0.006 ab	0.035 ab	5.360 a	39.150 a	38.500 a	17.560 bc	128.200 bc	126.100 bc
Soys	10.240 abcd	0.020 bc	0.070 bc	0.417 abcd	0.003 b	0.021 ab	3.217 ab	23.470 ab	23.080 ab	17.110 bcd	124.900 bcd	122.900 bcd
Soyg	11.580 abcd	0.018 bc	0.088 abc	0.468 abcd	0.005 b	0.025 ab	5.300 a	38.690 a	38.040 a	26.860 a	196.200 a	192.900 a
Se	7.710 bcd	0.030 abc	0.065 bc	0.313 bcd	0.008 ab	0.018 ab	1.587 bc	11.570 bc	11.380 bc	11.060 cde	80.760 cde	79.420
Tri	12.790 abcd	0.010 c	0.052 bc	0.520 abcd	0.003 b	0.015 b	2.395 bc	17.480 bc	17.190 bc	13.250 cd	96.760 cd	95.130 cd
tra	4.353 d	0.013 c	0.028 c	0.178 d	0.002 b	0.007 b	0.623 c	4.550 c	4.473 c	3.818 e	27.890 e	27.420 e
pps	13.860 abcd	0.030 abc	0.115 abc	0.562 abcd	0.008 ab	0.033 ab	1.528 bc	11.150 bc	10.970 bc	18.880 abc	173.900 abc	135.600 abc
sss	5.845 cd	0.033 abc	0.075 bc	0.238 cd	0.010 ab	0.020 ab	3.360 ab	24.510 ab	24.110 ab	16.910 bcd	123.500 bcd	121.500 bcd
pss	20.340 ab	0.060 ab	0.195 a	0.825 ab	0.018 a	0.058 a	2.622 bc	19.150 bc	18.830 bc	25.040 ab	182.800 ab	179.800 ab
pstt	21.130 a	0.067 a	0.161 ab	0.858 a	0.018 a	0.047 ab	1.252 bc	9.155 bc	9.002 bc	14.290 cd	104.400 cd	102.600 cd

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان ۳soyg، کنجد se، شنبلیله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان ۳ sss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set(foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult.Gorgan3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

جدول ۱۱- میزان و کارآیی جذب و مصرف عناصر غذایی در الگوهای کشت مختلف در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵

Table 11- Amount, absorption and use efficiency of nutrient in different cropping systems in 2006- 2007

2006-2007

گونه Species	میزان عناصر غذایی در گیاه (گرم در متر مربع) Amount of nutrient in plant ($g.m^{-2}$)			کارآیی جذب عناصر غذایی (گرم بر گرم) Absorption efficiency ($g.g^{-1}$)			کارآیی مصرف عناصر غذایی (گرم دانه بر گرم عناصر غذایی موجود در خاک و کود) Nutrient use efficiency based on seed yield ($g.g^{-1}$)			کارآیی مصرف (گرم ماده خشک بر گرم عناصر غذایی موجود در خاک و کود) Nutrient use efficiency based on dry weight ($g.g^{-1}$)		
	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
Pan	9.003 abcd*	0.028 bcd	0.057 bcd	0.352 abcd	0.007 bcd	0.010 bcd	1.078 efg	4.993 efg	4.715 efg	16.970 cd	79.500 cd	75.110 cd
Pen	9.572 abcd	0.032 abcd	0.098 a	0.375 abcd	0.005 bcde	0.018 a	0.000 g	0.000 g	0.000 g	38.720 a	181.400 a	171.400 a
Set	2.005 e	0.012 d	0.025 d	0.078 e	0.002 de	0.003 d	2.957 bc	13.680 bc	12.920 bc	15.640 cde	73.300 cde	69.260 cde
Soyv	6.933 bcde	0.027 cd	0.045 cd	0.270 bcde	0.003 cde	0.010 bcd	5.623 a	26.020 a	24.580 a	16.140 cde	75.610 cde	71.440 cde
Soys	5.362 cde	0.018 d	0.040 cd	0.208 cde	0.002 de	0.007 bcd	2.125 cde	9.835 cde	9.292 cde	10.180 ef	47.690 ef	45.060 ef
Soyg	8.785 abcd	0.023 cd	0.057 bcd	0.343 abcd	0.005 bcde	0.008 bcd	0.867 efg	4.012 efg	3.788 efg	7.065 f	33.100 f	31.280 f
Se	2.747 e	0.010 d	0.023 d	0.108 e	0.000 e	0.002 d	1.360 def	6.298 def	8.952 def	7.862 f	36.840 f	34.810 f
Tri	12.680 ab	0.020 d	0.038 cd	0.495 ab	0.003 cde	0.005 cd	4.055 b	18.780 b	17.750 b	12.700 def	59.540 def	56.250 def
tra	13.560 a	0.050 abc	0.092 ab	0.530 a	0.008 abc	0.013 abc	0.757 fg	3.498 fg	3.307 fg	11.930 def	55.870 def	52.790 def
pps	4.153 de	0.035 abcd	0.048 cd	0.162 de	0.003 cde	0.010 bcd	0.497 fg	2.305 fg	2.175 fg	26.310 b	123.300 b	116.500 b
sss	8.862 abcd	0.060 a	0.062 abcd	0.385 abcd	0.010 ab	0.010 bcd	2.593 cd	12.010 cd	11.350 cd	9.262 f	43.400 f	41.010 f
pss	10.520 abc	0.056 ab	0.073 abc	0.410 abc	0.013 a	0.015 ab	2.098 cde	9.705 cde	9.170 cde	21.310 bc	99.840 bc	94.320 bc
pstt	10.260 abc	0.035 abcd	0.057 bcd	0.402 abc	0.008 abc	0.010 bcd	3.205 bc	14.840 bc	14.020 bc	19.520 c	91.460 c	۸۶/۴۱۰ c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان soyg۳، کنجد se، شنبلیله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان sss ۳، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set(foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult.Gorgan3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

نتایج نشان داد که درصد نیتروژن گیاهی در الگوهای مختلف تک کشتی و مخلوط، با اعمال نهاده معدنی در مقایسه با نهاده آلی افزایش یافت. بدیهی است با افزایش نیتروژن در دسترس از طریق نهاده معدنی، جذب نیتروژن و به تبع آن درصد نیتروژن بافت‌های گیاهی افزایش می‌یابد، درصورتی که نهاده آلی، عناصر غذایی نظیر نیتروژن را به صورت تدریجی رها و وارد محیط خاک می‌کند.

در هر دو سال آزمایش، نوع منبع تغیه‌ای بر کارآیی مصرف عناصر غذایی تأثیر معنی‌داری نداشت ولی اثر نوع الگوی کاشت بر این پارامترهای مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول‌های 8 و 9).

همان گونه که در جدول 10 مشاهده می‌شود در سال زراعی 1385-1384 میزان عناصر غذایی در بافت گیاه بسته به نوع الگوی کشت متفاوت بود. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان به ترتیب به میزان 21/13، 0/07 و 0/16 گرم در مترمربع مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد نداشت. در بین تک کشتی‌های مختلف، بیشترین کارآیی جذب نیتروژن مربوط به تک کشتی‌های سه واریته سویا، ارزن معمولی و شنبلیله بود. در بین الگوهای مخلوط نیز کشت مخلوط سه گونه ارزن، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان بیشترین کارآیی جذب نیتروژن را نشان دادند. همچنین کلیه کشت‌های مخلوط مورد بررسی، دارای بیشترین کارآیی جذب فسفر و پتاسیم بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. زومیگالسکی و وان-ایکر (Szumigalski & Van Acker, 2006) اظهار داشتند که کشت‌های مخلوط گندم- کلزا (*Brassica napus* L.)- نخود (*Cicer arietinum* L.) و کلزا-نخود، کارآیی استفاده از نیتروژن بالاتری در مقایسه با تک کشتی هر یک از اجزاء داشتند. هاگارد-نیلسن و همکاران (Nielsen et al., 2006) در بررسی تک کشتی و کشت مخلوط جو و نخود در سه تراکم و با دو فراوانی نسبی گزارش کردند که تراکم گیاهی تأثیری بر جذب نیتروژن موجود در خاک نداشت اما با افزایش فراوانی نسبی نخود در مخلوط، جذب نیتروژن از خاک به علت تثبیت نیتروژن توسط نخود کاهش یافت.

در سال زراعی 85-1384، در بین تک کشتی‌ها، بیشترین کارآیی مصرف عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر حسب عملکرد دانه، مربوط به تک کشتی‌های سه واریته سویا و ارزن دم روباهی بود. کشت مخلوط سه واریته سویا نیز در بین مخلوط‌های مورد بررسی، بیشترین کارآیی مصرف عناصر غذایی را داشت. با محاسبه کارآیی مصرف عناصر غذایی بر حسب عملکرد بیولوژیکی، تک کشتی سویای دیررس در بین تک کشتی‌ها و کشت‌های مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط سه گونه ارزن، در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، بیشترین کارآیی مصرف را نشان دادند (جدول 10). در سال زراعی 86-1385 بیشترین میزان نیتروژن در واحد سطح در تیمار تک کشتی زنیان مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تک کشتی‌های ارزن معمولی، ارزن مرواریدی، سویا رقم گرگان 3 و شنبلیله و کشت-های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا، کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان نداشت. به طور کلی برترین الگوی مخلوط از نظر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بافت گیاهی در واحد سطح، مخلوط سه واریته سویا و مخلوط ارزن، سویا و کنجد بود (جدول 11).

کشت‌های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان دارای کارآیی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. از نظر کارآیی جذب پتاسیم نیز مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد بهتر از دیگر کشت‌های مخلوط عمل کرد. کارآیی مصرف عناصر غذایی، بر حسب عملکرد دانه در گیاهان و الگوهای مختلف کشت متفاوت بود. بیشترین میزان کارآیی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر حسب عملکرد دانه در تک کشتی سویا واریته ویلیامز به مقادیر 5/62، 26/02 و 24/58 گرم عملکرد دانه بر گرم عناصر غذایی موجود در کود و خاک مشاهده شد. در بین الگوهای مخلوط، کشت مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان از نظر کارآیی مصرف عناصر غذایی، اختلاف معنی-داری با هم نداشته و برتر از مخلوط سه گونه ارزن عمل کردند (جدول11). از نتایج حاصله می‌توان اظهار داشت که کشت مخلوط ارزن، سویا و کنجد از نظر میزان و کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی بهتر از دیگر تیمارهای مخلوط عمل کرد. افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی در کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی ممکن است از این طریق قابل توصیف باشد که دو گونه در مخلوط برای منابع غذایی یکسان رقابت نکرده و ساختار ریشه و فنولوژی گیاهان منجر به حالت تکمیل کنندگی در تسخیر منابع می‌شود (Hauggaard-Nielsen et al., 2001a; Hauggaard-Nielsen et al., 2001 b; Vandermeer, 1998).

جدول ۱۲- کارآیی مصرف نیتروژن ارزن معمولی، مرواریدی و دم روباهی در الگوهای کشت مختلف در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸٤ و ۸٦-۱۳۸۵

Table 12- Nitrogen use efficiency in common millet, foxtail millet and pearl millet in different cropping systems in 2005- 2006 and 2006- 2007

		2005- 2006				2006- 2007			
	گونه Species	**monoculture**	**pps**	**pss**	**pstt**	**monoculture**	**pps**	**pss**	**pstt**
نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	ارزن معمولی Common millet	1.66 [ab]*	2.22 [a]	1.35 [b]	1.78[ab]	1.83 [a]	1.56 [a]	2.07 [a]	1.95 [a]
	ارزن مرواریدی Pearl millet	1.54[a]	1.52 [a]	–	–	1.70 [a]	1.70 [a]	–	–
	ارزن دم روباهی Foxtail millet	1.63[a]	1.45[a]	–	–	1.39 [a]	1.06 [a]	–	–
نیتروژن ساقه (درصد) Stem Nitrogen (%)	ارزن معمولی Common millet	1.06 [b]	1.61 [a]	1.39 [ab]	1.66 [a]	1.38 [ab]	1.85 [a]	1.89 [a]	1.18 [b]
	ارزن مرواریدی Pearl millet	1.84 [a]	1.10[b]	–	–	1.04 [b]	1.36 [a]	–	–
	ارزن دم روباهی Foxtail millet	1.11[a]	0.87 [a]	–	–	1.17[a]	0.72 [a]	–	–
میزان نیتروژن گیاه (گرم در مترمربع) Amount of Plant Nitrogen ($g.m^{-2}$)	ارزن معمولی Common millet	8.27 [a]	9.98 [a]	5.42 [a]	12.80[a]	9.00 [a]	0.92 [b]	7.04 [a]	2.13 [b]
	ارزن مرواریدی Pearl millet	1.42 [a]	2.56 [a]	–	–	5.49 [b]	6.71 [a]	–	–
	ارزن دم روباهی Foxtail millet	2.52 [a]	1.39 [a]	–	–	2.01 [a]	0.60[a]	–	–
کارآیی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) Nitrogen absorption efficiency (g.g-1)	ارزن معمولی Common millet	0.34[a]	0.41 [a]	0.21 [a]	0.52 [a]	0.35 [a]	0.03 [b]	0.27[a]	0.09 [b]
	ارزن مرواریدی Pearl millet	0.06 [a]	0.10 [a]	–	–	0.37 [a]	0.10 [b]	–	–
	ارزن دم روباهی Foxtail millet	0.10 [a]	0.06 [a]	–	–	0.08 [a]	0.03[a]	–	–
کارآیی مصرف نیتروژن (برحسب عملکرد دانه) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on seed yield(g.g-1)	ارزن معمولی Common millet	1.71 [a]	0.86[b]	0.76 [b]	0.74 [b]	1.08 [a]	0.34 [b]	0.66 [ab]	0.71 [ab]
	ارزن مرواریدی Pearl millet	0.56 [a]	0.21 [a]	–	–	0.00 [a]	0.00 [a]	–	–
	ارزن دم روباهی Foxtail millet	5.11[a]	0.45 [a]	–	–	2.96[a]	0.16 [b]	–	–
کارآیی مصرف نیتروژن (برحسب عملکرد بیولوژیک) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on biological yield(g.g-1)	ارزن معمولی Common millet	19.50 [a]	8.04[b]	16.11 [ab]	10.84 [b]	17.17 [a]	7.51 [c]	14.23 [b]	8.66 [c]
	ارزن مرواریدی Pearl millet	8.44 [a]	4.94 [b]	–	–	37.40 [a]	13.80[b]	–	–
	ارزن دم روباهی Foxtail millet	16.93 [a]	5.89 [b]	–	–	15.84 [a]	0.81 [b]	–	–

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر سطر و برای هر سال زراعی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each row and year are not significantly different at $p \leq 0.05$

pstt زنیان- شنبلیله- کنجد-، ارزن معمولیpss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pps ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی

pstt(intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan), pss(common millet, soybean, sesame), pps(3 Millet species)

جدول ۱۳- کارآیی مصرف نیتروژن کنجد، سویا، شنبلیه و زنیان در الگوهای کشت مختلف در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵

Table 13- Nitrogen use efficiency in millet, soybean, sesame and fenugreek in different cropping systems in 2005- 2006 and 2006- 2007

	گونه Species	2005- 2006				2006- 2007			
		تک کشتی Monoculture	pps	pss	pstt	تک کشتی Monoculture	pps	pss	pstt
نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	کنجد Sesame	1.98[b]*	-	2.47[a]	2.06[ab]	2.26[a]	-	2.23[a]	1.99[a]
	سویا Soybean	2.05[a]	-	1.46[a]	-	2.33[a]	-	3.24[a]	-
	شنبلیله Fenugreek	3.15[a]	-	-	-	4.03[a]	-	-	3.17[b]
	زنیان Ajowan	3.34[a]	-	-	2.38[b]	3.49[a]	-	-	2.74[a]
نیتروژن ساقه (درصد) Stem Nitrogen (%)	کنجد Sesame	1.18[a]	-	1.11[a]	1.58[a]	1.22[a]	-	0.89[a]	1.30[a]
	سویا Soybean	1.28[a]	-	1.00[a]	–	2.92[a]	-	1.52[a]	-
	شنبلیله Fenugreek	2.03[a]	-	-	1.87[a]	2.96[a]	-	-	2.68[a]
	زنیان Ajowan	2.15[a]	-	-	1.49[b]	1.97[a]	-	-	1.37[a]
میزان نیتروژن کل (گرم در مترمربع) Amount of Nitrogen ($g.m^{-2}$)	کنجد Sesame	7.71[a]	-	6.40[a]	2.29[b]	2.75[a]	-	0.73[a]	1.57[a]
	سویا Soybean	8.31[a]	-	8.51[a]	-	5.29[a]	-	2.76[a]	-
	شنبلیله Fenugreek	12.79[a]	-	-	5.74[a]	12.68[a]	-	-	5.58[a]
	زنیان Ajowan	4.35[a]	-	-	0.29[b]	13.56[a]	-	-	0.98[b]
کارآیی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) Nitrogen absorption efficiency ($g.g^{-1}$)	کنجد Sesame	0.31[a]	-	0.26[a]	0.09[b]	0.11[a]	-	0.03[a]	0.06[a]
	سویا Soybean	0.34[a]	-	0.35[a]	-	0.21[a]	-	0.11[b]	-
	شنبلیله Fenugreek	0.52[a]	-	-	-	0.50[a]	-	-	0.22[a]
	زنیان Ajowan	0.17[a]	-	-	0.01[b]	0.53[a]	-	-	0.04[b]
کارآیی مصرف نیتروژن (برحسب عملکرد دانه) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on seed yield ($g.g^{-1}$)	کنجد Sesame	1.59[a]	-	0.03 b	0.11[b]	1.36[a]	-	0.03[b]	0.03[b]
	سویا Soybean	3.06[a]	-	1.83[a]	–	1.89[a]	-	1.40[a]	-
	شنبلیله Fenugreek	[a]2.40	-	-	0.26[b]	4.06[a]	-	-	2.23[a]
	زنیان Ajowan	0.62[a]	-	-	0.14[b]	0.76[a]	-	-	0.22[b]
کارآیی مصرف نیتروژن (برحسب عملکرد بیولوژیک) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on biological yield ($g.g^{-1}$)	کنجد Sesame	11.06[a]	-	1.87[b]	1.44[b]	7.96[a]	-	1.38[b]	1.40[b]
	سویا Soybean	16.39[a]	-	7.05[b]	–	9.63[a]	-	5.95[a]	-
	شنبلیله Fenugreek	13.25[a]	-	-	1.12[b]	12.86[a]	-	-	8.71[a]
	زنیان Ajowan	3.82[a]	-	-	0.89[b]	12.07[a]	-	-	0.99[b]

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر سطر و برای هر سال زراعی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each row and year are not significantly different at $p\leq0.05$

ارزن مرواریدی معمولی-دم رویاهی pps، ارزن معمولی – سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیانpstt

pstt(intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan), pss(common millet, soybean, sesame), pps(3 Millet species)

وان‌درمیر (Vandermeer, 1989) گزارش کرد که در اغلب کشت‌های مخلوط بقولات و غیر بقولات مورد بررسی، میزان نیتروژن گیاهان، بیشتر از کشت‌های خالص بود که بیانگر اثر هم افزایی (سینرژیستی) در کشت‌های مخلوط بود. زومیگالسکی و وان- ایکر (Szumigalski & Van Acker, 2006) اظهار داشتند که کشت مخلوط گندم، کلزا و نخود کارآیی مصرف نیتروژن بالاتری در مقایسه با تک کشتی هر یک از اجزاء داشت.

نتایج حاکی از آن است که ارزن معمولی دارای میزان نیتروژن و کارآیی جذب و مصرف متفاوتی در الگوهای تک کشتی و مخلوط بود. میزان نیتروژن در کشت‌های مخلوط در مقایسه با تک کشتی ارزن معمولی کاهش یافت البته اختلاف مخلوط ارزن، سویا و کنجد با تک کشتی ارزن معنی‌دار نبود. تک کشتی ارزن معمولی دارای کارآیی

جذب و مصرف نیتروژن بالاتری نسبت به کشت‌های مخلوط بود. این روند تغییرات در مورد گیاهان ارزن دم روباهی و ارزن مرواریدی نیز مشاهده شد (جدول 12). البته لی و همکاران (Li et al., 2001) به نتایج متفاوتی دست یافتند. نامبردگان اظهار داشتند که عملکرد و جذب نیتروژن در گندم، سویا و ذرت، در کشت‌های مخلوط به طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص بود. بومان و همکاران (Baumann et al., 2001) گزارش کردند که جذب نیتروژن در کشت مخلوط کرفس (*Apium graveolens* L.) و تره فرنگی (*Allium ampeloprasum* L.) در مقایسه با تک کشتی کرفس تفاوتی نداشت.

در سال زراعی 85-1384، در گیاه کنجد، با تغییر الگوی کشت از تک کشتی به مخلوط، درصد نیتروژن برگ افزایش یافت ولی این برتری در سال دوم حاصل نشد. در کنجد، سویا، شنبلیله و زنیان، میزان نیتروژن در واحد سطح، کارآیی جذب و مصرف نیتروژن بر حسب عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیکی در تک کشتی این گیاهان بیشتر از الگوهای مخلوط بود (جدول 13). شاید دلیل این امر کاهش عملکرد بیولوژیکی و بذر این گیاهان در کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی به علت تراکم بوته‌ای کمتر و بوته‌های ضعیف‌تر باشد.

نتیجه‌گیری

در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، مخلوط سه گونه ارزن بیشترین کارآیی مصرف آب را برحسب عملکرد بیولوژیکی داشت. برترین الگوی مخلوط از نظر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بافت گیاهی در واحد سطح، مخلوط سه واریته سویا و مخلوط ارزن، سویا و کنجد بود. به طور کلی، با انتخاب صحیح گیاهان در کشت‌های مخلوط و یا در تناوب‌های زراعی در سیستم‌های تک-کشتی و افزایش تنوع گیاهان زراعی علاوه بر استفاده از مزایای مختلف تنوع زیستی در بوم‌نظام، می‌توان از نهاده‌های موجود نیز بهتر استفاده نمود.

منابع

Alizadeh, A., and Kamali, G.A. 2007. Water Needs of Plants in Iran. Imam Reza Publications, Mashhad, Iran 228 pp. (In Persian)

Baumann, D.T., Bastiaans, L., and Kropff, M.J. 2001. Composition and crop performance in a leek- celery intercropping system. Crop Science 41: 764-774.

Caviglia, O.P., Sadras, V.O., and Andrade, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas, I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean. Field Crops Research 87: 117-129.

Graham, P.H., and Vance, C.P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: a over view of research and extension needs. Field Crops Research 65:23-106.

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S., 2001a. Interspecific competition N use and interference with weeds in pea– barley intercropping. Field Crops Research 70: 101–109.

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., Jensen, E.S., 2001b. Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea–barley intercrops—a field study employing P-32 technique. Plant and Soil 236: 63–74.

Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M.K., Jørnsgaard, B., and Jensen, E.S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea–barley intercrops. Field Crops Research 95: 256–267.

Hulugalle, N.R., and Lal, R. 1986. Soil water balance of intercropped maize and cowpea grown in tropical hydromophic soil Western Nigeria. Agronomy Journal 74: 86-90.

Lal, R. 2000. Soil management in the developing countries. Soil Science 105: 57-72.

Lehmann, J., Peter, I., Steglich, C., Gebauer, G., Huwe, B., and Zech, W. 1998. Below-ground interactions in dryland agroforestry. Forest Ecology and Management 111: 157-169.

Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S. and Rengel, Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping:1. yield advantage and interspecific interactions on nutrient. Field Crops Research 123-137.

Mannion, A.M. 1995. Biodiversity, biotechnology and business. Environmental Conservation 22: 201-210.

Nassiri, M., and Elgersma, A. 2002. Effects of nitrogen on leaves, dry matter allocation and regrowth dynamics in *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. in pure and mixed swards. Plant and Soil 249: 107-121.

Neumann, A., Schmidtke, K., and Rauber, R. 2007. Effects of crop density and tillage system on grain yield and N

uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat. Field Crops Research 100: 285–293.

Ofosu-Budu, K.G., Noumura, K., and Fujita, K. 1995. N_2 fixation, N transfer and biomass production of soybean cv. Bragg or its super nodulating nts1007 and sorghum mixed-cropping at two rates of N fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 27: 311-317.

Rangasamy, A., Krishnamurthi, V.V., Rajkannan, B., Iruthagaraj, M.R., and Ajyaswamy, M.1988. Intercropping of rows of green gram in cotton. Seed and Farmers 14: 20-23.

Sveĉnjak, Z., and Renjel, Z. 2006. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. Field Crops Research 97: 221-226.

Szumigalski, A.R., and Van Acker, R.C. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. Agronomy Journal 98: 1030-1040.

Tengberg, A., Ellis-Jones, J., Kiome, R., and Stocking, M. 1998. Applying the concept of agrodiversity to indigenous soil and water conservation practices in eastern Kenya. Agriculture, Ecosystems and Environment 70: 259-272.

Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge. 237 pp.

Vandermeer, J., Van Noordwijk, M., Anderson, J., Ong, C., and Perfecto, I., 1998. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. Agriculture, Ecosystems and Environment 67: 1–22.

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.

Whitmore, A.P., and Schröder, J.J. 2007. Intercropping reduces nitrate leaching from under field crops without loss of yield: A modelling study. European Journal of Agronomy 27: 81-88.

Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. Plant and Soil 248: 305–312.