



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

الهام عزیزی¹، علیرضا کوچکی^{2*}، پرویز رضوانی مقدم² و مهدی نصیری محلاتی²

تاریخ دریافت: 1389/12/01

تاریخ پذیرش: 1391/01/19

چکیده

به منظور بررسی اثر تنوع گیاهی و نوع منبع تغذیه‌ای بر کارایی مصرف آب و عناصر غذایی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی 1384-1385 و 1385-1386 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 - شنبليله (*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 کارایی 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 کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیکی بودند. در سال زراعی دوم در بین الگوهای مخلوط مورد بررسی، کشت مخلوط سه گونه ارزن بیشترین کارایی 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 کارایی 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، شنبليله و زنیان از نظر کارایی 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، شنبليله و زنیان دارای کارایی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. از نظر کارایی جذب پتاسیم نیز مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد بهتر از دیگر کشت‌های مخلوط عمل کرد. در این مطالعه نوع منبع تغذیه‌ای بر کارایی مصرف آب و عناصر غذایی تأثیر معنی‌داری نداشت.

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

مقدمه

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 کارایی بهتر در استفاده از منابع محیطی نظیر آب، نور و عناصر غذایی باشد (Hulugalle & Lal, 1986; Walker & Ogindo, 2003). افزایش کارایی مصرف

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

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 تکمیل‌کنندگی در تسخیر منابع می‌شود (Vandermeer et al., 1998; Hauggaard-Nielsen et al., 2001a; Hauggaard-Nielsen, 2001b).

کاوچلیا 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 0/53 تا 0/71 در مخلوط دوگانه افزایش یافت در حالی که جذب تشعشع فعال فتوسنتزی از 0/24 تا 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 جبران‌کنندگی 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 کارایی 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 کشت-های 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 کارایی بیشتر مصرف منابع غذایی، مقدار نیترات در پروفیل خاک را کاهش داد.

ارقام مختلف یک گونه نیز ممکن است در کارایی مصرف عناصر غذایی متفاوت باشند. اسونچاک 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 کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی جهت تولید ماده خشک نسبت داده شود. اسونچاک 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 کارایی مصرف نیتروژن به دلیل اختلاف در زیست توده گیاهی ارقام بود. نتایج

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.

کاوچلیا 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 0/53 تا 0/71 در مخلوط دوگانه افزایش یافت در حالی که جذب تشعشع فعال فتوسنتزی از 0/24 تا 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 جبران‌کنندگی 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 کارایی 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.

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 گرگان 3 تنوع کارکردی: کشت همزمان رقم اکتان کنجد، ارزن معمولی و سویا (رقم سحر) و همچنین کشت همزمان ارزن معمولی، کنجد، شنبلله و زنیان تک کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر، کرت‌بندی مزرعه صورت گرفت و گیاهان 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 منظور اندازه‌گیری کارایی مصرف آب و عناصر غذایی، نمونه‌گیری، 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.

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 در صورتی 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 بر کارایی مصرف آب و عناصر غذایی در طیف وسیعی از گیاهان شامل سه وارسته 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 شنبلله 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:

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 (پی‌ام) Phosphorus (ppm)	پتاسیم کل (پی‌پی‌ام) Potassium (ppm)	واکنش pH	هدایت	
						الکتریکی (دسی) زیمنس بر متر (dS.m ⁻¹) EC	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	-	-	-

شده و پس از هضم آن با اسید سولفوریک و کاتالیزور، مقدار نیتروژن در عصاره حاصل توسط روش کجلدال اندازه‌گیری شد.

الف) اندازه‌گیری کارایی مصرف آب در پوشش‌های گیاهی مختلف

تبخیر و تعرق بالقوه جمعی از طریق اندازه‌گیری میزان تبخیر روزانه از تشتک تبخیر کلاس A در طی فصل رشد و در ایستگاه هواشناسی تعیین شد. متوسط ضریب گیاهی گونه‌های مختلف ارزن، سویا و کنجد به ترتیب 1، 1/15 و 1/1 در نظر گرفته شدند. برای تعیین ضریب گیاهی شنبلله و زنبان نیز از گونه‌های مشابه استفاده گردید (Alizadeh & Kamali, 2007).

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

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

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

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 کود 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 رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای 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) کارایی مصرف آب

میزان تبخیر و تعرق جمعی و روزانه در سال‌های زراعی 85-1384 و 86-1385 در شکل‌های 1 و 2 نشان داده شده است. میانگین تبخیر و تعرق روزانه در طی فصل رشد در سال زراعی اول، یک میلی‌متر بیشتر از سال زراعی دوم بود. تبخیر و تعرق جمعی در انتهای فصل رشد در سال زراعی اول معادل 1873/1 میلی‌متر و در سال زراعی دوم معادل 1692/6 میلی‌متر بود.

ب) اندازه‌گیری درصد و کارایی جذب و مصرف نیتروژن در پوشش‌های گیاهی مختلف

پوشش گیاهی برداشت شده به لایه‌های 20 سانتی‌متری تقسیم شده و پس از جداسازی برگ و ساقه و خشک شدن در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت، درصد نیتروژن برگ هر لایه به طور مجزا اندازه‌گیری شد. درصد نیتروژن ساقه نیز در کل پوشش گیاهی و بدون لایه‌بندی تعیین شد. در الگوهای کشت مخلوط، علاوه بر اندازه‌گیری درصد نیتروژن برگ هر گیاه در لایه‌های مختلف پوشش گیاهی، نسبت وزنی هر یک از گیاهان موجود در مخلوط در واحد سطح تعیین و درصد نیتروژن پوشش گیاهی مخلوط محاسبه شد.

به منظور تعیین درصد نیتروژن در اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) و کارایی جذب و مصرف نیتروژن گیاه، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب

$$\text{معادله (1)} \quad ET_c = ET_o \cdot K_c$$

که در این معادله، ET_c : تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)، ET_o : تبخیر و تعرق بالقوه (میلی‌متر) و K_c : ضریب گیاهی (واحد ندارد) می‌باشد.

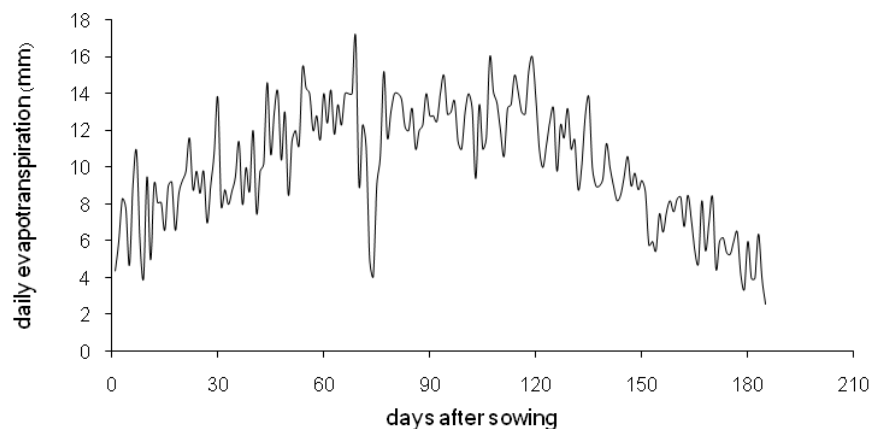
$$\text{معادله (2)} \quad WUE = \frac{y}{ET_c}$$

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

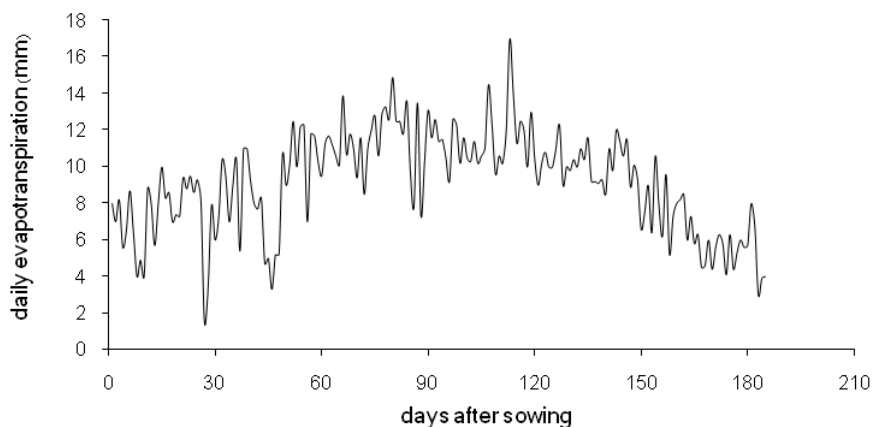
ب) اندازه‌گیری درصد و کارایی جذب و مصرف نیتروژن در پوشش‌های گیاهی مختلف

پوشش گیاهی برداشت شده به لایه‌های 20 سانتی‌متری تقسیم شده و پس از جداسازی برگ و ساقه و خشک شدن در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت، درصد نیتروژن برگ هر لایه به طور مجزا اندازه‌گیری شد. درصد نیتروژن ساقه نیز در کل پوشش گیاهی و بدون لایه‌بندی تعیین شد. در الگوهای کشت مخلوط، علاوه بر اندازه‌گیری درصد نیتروژن برگ هر گیاه در لایه‌های مختلف پوشش گیاهی، نسبت وزنی هر یک از گیاهان موجود در مخلوط در واحد سطح تعیین و درصد نیتروژن پوشش گیاهی مخلوط محاسبه شد.

به منظور تعیین درصد نیتروژن در اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) و کارایی جذب و مصرف نیتروژن گیاه، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب



شکل 1- میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در طی فصل رشد در سال زراعی 1384-85
 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 1385-86
 Fig. 1- Daily potential evapotranspiration during growth season in 2006- 2007

دارای بیشترین کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بیولوژیکی بودند. با کاربرد یک گیاه چهارکرنبه علوفه‌ای با گیاهان سه‌کرنبه‌ای که دارای توسعه ریشه‌ای متفاوتی هستند، از آب موجود بهتر استفاده شده و عملکرد بیولوژیکی بیشتری در ازای آب مصرفی تولید می‌گردد.

اثر الگوی کاشت بر کارایی مصرف آب از نظر آماری معنی‌دار بود. اما کارایی 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، کارایی مصرف آب متفاوتی داشتند. در سال زراعی اول، بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بذر مربوط به تک کشتی ارزن دم روباهی و سویا وارسته‌های ویلیامر و گرگان 3 بود. چهار نوع مخلوط مورد بررسی از نظر کارایی 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،

جدول 2- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کارایی مصرف آب در سال‌های زراعی 1385-86 و 1384-85
 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 تغذیه‌ای 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 تغذیه‌ای × 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 $\alpha=0.01$ probability level, * : significant at $\alpha=0.05$ probability level and ns: no significant

جدول 3- اثر الگوهای کشت مختلف بر کارایی 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		2006- 2007	
	کارایی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm ⁻¹)		کارایی 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}	2.99 ^{cd}	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 $p \leq 0.05$.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان soyg³، کنجد se، شنبليله tri، زبان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان 3 sss، ارزن معمولی - سویا-کنجد pss، ارزن معمولی - کنجد- شنبليله- زبان 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).

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 کارایی 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 کارایی مصرف آن افزایش یافت.

در سال زراعی دوم، در بین الگوهای تک کشتی، بیشترین کارایی مصرف آب برحسب عملکرد بذر، در تک کشتی سویا واریته ویلیامز و شنبليله مشاهده شد و کشت‌های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبليله 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 کارایی مصرف آب را برحسب عملکرد بیولوژیکی

جدول 4- اثر متقابل نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کارایی 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		2006- 2007	
		کارایی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm ⁻¹)		کارایی 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}
psst	20.52 ^a	1.79 ^a	28.86 ^{cd}	4.88 ^{cd}	
کود معدنی Chemical fertilizer	pan	^a 20.35	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 ^{8a}	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 ^{cdetg}
	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}
psst	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<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، شنبليله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان 3، sss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبليله- زنیان psst، 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 psst (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

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 زینان 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.

همانگونه که در جدول 4 مشاهده می‌شود 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 زینان بود. (جدول 3). لهما و همکاران (Lehmann et al., 1998) دریافتند که تراکم ریشه‌ای و تمایز مکانی ریشه‌ها در کشت

جدول 5- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر نیتروژن 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

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

** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * : معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns : غیر معنی‌دار
** : significant at $\alpha=0.01$ probability level, * : significant at $\alpha=0.05$ probability level and ns: no significant

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، شنبلله 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 شنبلله 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.

در سال زراعی اول، بیشترین درصد نیتروژن در الگوهای تک کشتی شنبلله (2/59)، زنیان (2/74) و سویا رقم ویلیامز (2/21) و کشت مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبلله و زنیان به دست آمد. در سال زراعی دوم نیز تک کشتی شنبلله 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، شنبلله 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 (Svecnjak & 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

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 ^{bed}	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، شنبلله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی- معمولی- دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان 3 sss، ارزن معمولی- سویا- کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلله- 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 ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵)
Table 5- Variation of nutrient percentage in different canopy layers in 2005- 2006 and 2006- 2007

نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	لایه‌ها Layer height (cm)	تک کشتی Monoculture											مخلوط سه گونه ازبته Intercropping of 3 soybean varieties			مخلوط سه گونه ازبته Intercropping of millet-sesame-soybean			مخلوط ازبته - کنجد - سنبله Intercropping of millet-sesame-fenugreek-ajowan			
		pan	pen	set	soy v	soy y	soys	soy g	se	tri	tra	sss	pan	pen	set	pan	soy	se	pan	pan	tri	tra
کود دامی Manure	لایه اول Layer 1	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 Layer 2	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 Layer 3	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 Layer 4	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 Layer 5	-	2.24	-	2.66	-	-	-	-	-	-	-	2.01	1.57	-	-	-	-	-	-	-	
	لایه ششم Layer 6	-	2.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
کود شیمیایی Chemical fertilizer	لایه اول Layer 1	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 Layer 2	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 Layer 3	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 Layer 4	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 Layer 5	3.49	2.99	3.60	-	-	-	-	-	-	-	2.95	2.68	3.60	-	-	-	-	2.85	2.85	-	-
	لایه ششم Layer 6	-	3.04	-	-	-	-	-	-	-	-	2.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

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

ازبته معمولی pan، ازبته مرواریدی pen، ازبته دم روغی set، ازبته روغی soyv، رقم ویلیامز soyv، رقم سحر soys، رقم کرگان ۳ sss، ازبته معمولی - سویا - کنجد

پستت ازبته معمولی - کنجد - سنبله - زنبان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set (foxtail millet), soyv (soybean, cult. Williams), 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 منبع تغذیه‌ای و الگوی کشت بر مقدار کل و کارایی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ و ۱۳۸۴-۸۵
 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

پتاسیم Potassium		نیتروژن Nitrogen		فسفر Phosphorous		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	نیتروژن Nitrogen	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	نیتروژن Nitrogen	میانگین Mean	میانگین Mean		
0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.001 ^{ns}	72.82 ^{ns}	0.90 ^{ns}	2	بلوک Block	
0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.11 ^{ns}	25.22 ^{ns}	1	نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	
0.002	0.000	0.016	0.08	0.002	46.23	65.43	2	خطای ۱ Error 1	
0.001*	0.000*	0.017*	0.41**	0.002*	250.53**	79.05**	12	الگوی کاشت Planting systems	
0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.001 ^{ns}	105.56 ^{ns}	34.49 ^{ns}	12	منبع تغذیه‌ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource	
0.001	0.000	0.008	0.15	0.001	91.90	19.18	48	خطای ۲ Error 2	
میانگین مبرعات در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶									
Mean of square during growing season of 2005-2006									
0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.90 ^{ns}	2	بلوک Block	
0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.000 ^{ns}	25.22 ^{ns}	25.22 ^{ns}	1	نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	
0.000	0.000	0.002	0.10	0.000	65.43	65.43	2	خطای ۱ Error 1	
0.000**	0.000**	0.003**	0.12**	0.002**	79.05**	79.05**	12	الگوی کاشت Planting systems	
0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.001 ^{ns}	34.49 ^{ns}	34.49 ^{ns}	12	منبع تغذیه‌ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource	
0.000	0.000	0.001	0.03	0.000	19.18	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 $\alpha=0.01$ probability level, * : significant at $\alpha=0.05$ probability level and ns: no significant

جدول 9- تجزیه واریانس اثر نوع مع تغذیه‌ای و الگوی کشت بر کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ و ۱۳۸۴-۸۵
Table 9- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on N, P and K use efficiency in 2005-2006 and 2006-2007

میانگین مربعات در سال زراعی ۱۳۸۴-۸۵ Mean of square during growing season of 2005-2006		میانگین مربعات در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ Mean of square during growing season of 2006-2007		درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of variation
کارایی مصرف (گرم ماده خشک بر گرم عناصر غذایی) Nutrient use efficiency based on dry weight	کارایی مصرف (گرم دانه بر گرم عناصر غذایی) Nutrient use efficiency based on seed yield	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen		
فسفر Phosphorous	فسفر Phosphorous	فسفر Phosphorous	نیتروژن Nitrogen		
18375.08 ^{ns}	19002.20 ^{ns}	536.20 ^{ns}	356.14 ^{ns}	2	بلوک Block
3946.34 ^{ns}	4080.90 ^{ns}	57.62 ^{ns}	76.57 ^{ns}	1	نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource
8057.42	8332.88	280.10	156.23	2	خطای ۱ Error 1
12007.76 ^{**}	12418.19 ^{**}	901.66 ^{**}	232.85 ^{**}	12	الگوی کاشت Planting systems
^{ns} 3806.23	3936.25 ^{ns}	101.61 ^{ns}	73.82 ^{ns}	12	منبع تغذیه ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource
2250.66	2327.48	167.83	43.65	48	خطای ۲ Error 2
میانگین مربعات در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ Mean of square during growing season of 2006-2007					
117.61 ^{ns}	131.72 ^{ns}	42.94 ^{ns}	6.00 ^{ns}	2	بلوک Block
9116.14 ^{ns}	9091.01 ^{ns}	244.2 ^{ns}	414.23 ^{ns}	1	نوع منبع تغذیه ای Nutrient resource
658.33	737.62	44.41	33.59	2	خطای ۱ Error 1
8961.19 ^{**}	10039.01 ^{**}	289.99 ^{**}	457.25 ^{**}	12	الگوی کاشت Planting systems
1519.51 ^{**}	1702.08 ^{**}	112.33 ^{**}	77.55 ^{**}	12	منبع تغذیه ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource
419.93	470.40	20.34	21.42	48	خطای ۲ Error 2

** : significant at $\alpha=0.01$ probability level, * : significant at $\alpha=0.05$ probability level and ns: no significant
 **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * : معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

جدول ۱۰- میزان و کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی در الگوهای کشت مختلف در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴
 Table 10- Amount, absorption and use efficiency of nutrient in different cropping systems in 2005-2006

گونه Species	میزان عناصر غذایی در گیاه (گرم در متر مربع) Amount of nutrient in plant (g.m ⁻²)			کارایی جذب عناصر غذایی (گرم بر گرم) Absorption efficiency (g.g ⁻¹)			عناصر غذایی موجود در خاک و کود Nutrient use efficiency based on soil yield			کارایی مصرف (گرم ماده خشک بر گرم عناصر غذایی موجود در خاک و کود) Nutrient use efficiency based on dry weight		
	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 bed	123.600 bed	121.600 bed
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 bed	124.900 bed	122.900 bed
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 bed	0.030 abc	0.065 bc	0.313 bed	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 c	27.890 c	27.420 c
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	3.560 ab	24.510 ab	24.110 ab	16.910 bed	123.500 bed	121.500 bed
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≤0.05

گونه‌ها: pan (common millet), pen (pearl millet), set (foxtail millet), soyv (soybean, cult. Sahara), 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).

پس: میزان جذب عناصر غذایی - کجند - شنبله - زینان - پست

بیشترین کارایی مصرف عناصر غذایی را داشت. با محاسبه کارایی 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 کارایی مصرف را نشان دادند (جدول 10). در سال زراعی 86-1385 بیشترین میزان نیتروژن در واحد سطح در تیمار تک کشتی زینان مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تک کشتی‌های ارزن معمولی، ارزن مرواریدی، سویا رقم گرگان 3 و شنبلیل و کشت‌های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا، کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیل و زینان 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، شنبلیل و زینان دارای کارایی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. از نظر کارایی جذب پتاسیم نیز مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد بهتر از دیگر کشت‌های مخلوط عمل کرد. کارایی مصرف عناصر غذایی، بر حسب عملکرد دانه در گیاهان و الگوهای مختلف کشت متفاوت بود. بیشترین میزان کارایی 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، شنبلیل و زینان از نظر کارایی مصرف عناصر غذایی، اختلاف معنی‌داری با هم نداشته و برتر از مخلوط سه گونه ارزن عمل کردند (جدول 11). 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 تکمیل‌کنندگی در تسخیر منابع می‌شود (Hauggaard-Nielsen et al., 2001a; Hauggaard-Nielsen et al., 2001 b; Vandermeer, 1998).

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، در صورتی 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 کارایی 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 1384-1385 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، شنبلیل و زینان 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 کارایی جذب نیتروژن مربوط به تک کشتی‌های سه واریته سویا، ارزن معمولی و شنبلیل بود. در بین الگوهای مخلوط نیز کشت مخلوط سه گونه ارزن، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبلیل و زینان بیشترین کارایی جذب نیتروژن را نشان دادند. همچنین کلیه کشت‌های مخلوط مورد بررسی، دارای بیشترین کارایی 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، کارایی 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 کارایی مصرف عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر حسب عملکرد دانه، مربوط به تک کشتی‌های سه واریته سویا و ارزن دم روپاهی بود. کشت مخلوط سه واریته سویا نیز در بین مخلوط‌های مورد بررسی،

جدول ۱۲ - کارایی مصرف نیتروژن ارزن معمولی، مرواریدی و دم روپاهی در الگوهای کشت مختلف در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵
 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		
	monoculture	pps	psst	monoculture	pps	psst
گونه Species						
نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	ارزن معمولی Common millet	1.66 ^{ab*}	2.22 ^a	1.35 ^b	1.78 ^{ab}	1.95 ^a
	ارزن مرواریدی Pearl millet	1.54 ^a	1.52 ^a	-	-	-
	ارزن دم روپاهی Foxtail millet	1.63 ^a	1.45 ^a	-	-	-
	ارزن معمولی Common millet	1.06 ^b	1.61 ^a	1.39 ^{ab}	1.66 ^a	1.85 ^a
نیتروژن ساقه (درصد) Stem Nitrogen (%)	ارزن مرواریدی Pearl millet	1.84 ^a	1.10 ^b	-	-	-
	ارزن دم روپاهی Foxtail millet	1.11 ^a	0.87 ^a	-	-	-
	ارزن معمولی Common millet	8.27 ^a	9.98 ^a	5.42 ^a	12.80 ^a	7.04 ^a
	ارزن مرواریدی Pearl millet	1.42 ^a	2.56 ^a	-	-	-
میزان نیتروژن گیاه (گرم در مترمربع) Amount of Plant Nitrogen (g.m ⁻²)	ارزن دم روپاهی Foxtail millet	2.52 ^a	1.39 ^a	-	-	-
	ارزن معمولی Common millet	0.34 ^a	0.41 ^a	0.21 ^a	0.52 ^a	0.27 ^a
	ارزن مرواریدی Pearl millet	0.06 ^a	0.10 ^a	-	-	-
	ارزن دم روپاهی Foxtail millet	0.10 ^a	0.06 ^a	-	-	-
کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) Nitrogen absorption efficiency (g.g-1)	ارزن معمولی Common millet	1.71 ^a	0.86 ^b	0.76 ^b	0.74 ^b	0.66 ^{ab}
	ارزن مرواریدی Pearl millet	0.56 ^a	0.21 ^a	-	-	-
	ارزن دم روپاهی Foxtail millet	5.11 ^a	0.45 ^a	-	-	-
	ارزن معمولی Common millet	19.50 ^a	8.04 ^b	16.11 ^{ab}	10.84 ^b	14.23 ^b
کارایی مصرف نیتروژن (برحسب عملکرد بیولوژیک) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on biological yield(g.g-1)	ارزن مرواریدی Pearl millet	8.44 ^a	4.94 ^b	-	-	-
	ارزن دم روپاهی Foxtail millet	16.93 ^a	5.89 ^b	-	-	-
	ارزن معمولی Common millet	17.17 ^a	7.51 ^c	14.23 ^b	8.66 ^c	-
	ارزن مرواریدی Pearl millet	37.40 ^a	13.80 ^b	-	-	-

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

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

زینان - شنلیله- کنجد- ارزن معمولی pps، ارزن معمولی pss، ارزن مرواریدی- معمولی - دم روپاهی

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

جدول ۱۳ - کارایی مصرف نیتروژن کچند، سویا، شنبلیله و زیتان 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	تک کشتی Monoculture		تک کشتی Monoculture		تک کشتی Monoculture	
	pps	psst	pps	psst	pps	psst
کچند Sesame	1.98 ^{ab}	2.06 ^{ab}	2.47 ^a	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
زیتان Ajowan	3.34 ^a	2.38 ^b	-	3.49 ^a	-	2.74 ^a
کچند Sesame	1.18 ^a	1.58 ^a	1.11 ^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
زیتان Ajowan	2.15 ^a	1.49 ^b	-	1.97 ^a	-	1.37 ^a
کچند Sesame	7.71 ^a	2.29 ^b	6.40 ^a	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
زیتان Ajowan	4.35 ^a	0.29 ^b	-	13.56 ^a	-	0.98 ^b
کچند Sesame	0.31 ^a	0.09 ^b	0.26 ^a	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
زیتان Ajowan	0.17 ^a	0.01 ^b	-	0.53 ^a	-	0.04 ^b
کچند Sesame	1.59 ^a	0.11 ^b	0.03 ^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	2.40 ^a	0.26 ^b	-	4.06 ^a	-	2.23 ^a
زیتان Ajowan	0.62 ^a	0.14 ^b	-	0.76 ^a	-	0.22 ^b
کچند Sesame	11.06 ^a	1.44 ^b	1.87 ^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
زیتان 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 $p \leq 0.05$

ارزن مرواریدی - معمولی - حتم روپاهی - pps, ارزن معمولی - سویا - کچند - pss, زیتان - psst

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

با تک کشتی هر یک از اجزاء داشت.

نتایج حاکی از آن است که ارزن معمولی دارای میزان نیتروژن و کارایی 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 کچند با تک کشتی ارزن معنی‌دار نبود. تک کشتی ارزن معمولی دارای کارایی

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 - ایگر (Szumigalski & Van Acker, 2006) اظهار داشتند که کشت مخلوط گندم، کلزا و نخود کارایی مصرف نیتروژن بالاتری در مقایسه

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 کارایی 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.

جذب و مصرف نیتروژن بالاتری نسبت به کشت‌های مخلوط بود. این روند تغییرات در مورد گیاهان ارزن دم‌روباهی 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 تره‌فرنگی (*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، شنبلیل و زنیان، میزان نیتروژن در واحد سطح، کارایی جذب و مصرف نیتروژن بر حسب عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیکی در تک کشتی این گیاهان

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 hydromorphic 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. N₂ 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.
- Svečnjak, 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.