



ارزیابی تاثیر متقابل منبع تغذیه ای و تنوع گیاهی بر کارایی مصرف نور در الگوهای مختلف کشت

الهام عزیزی^{۱*} - علیرضا کوچکی^۲ - پرویز رضوانی مقدم^۳ - مهدی نصیری محلاتی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۵

چکیده

گرایش مجدد به استفاده از چندکشتی به علت پتانسیل این الگوهای کشت برای افزایش عملکرد از طریق استفاده بهتر از منابع مختلف نظیر تشعشع خورشیدی می‌باشد. به منظور بررسی اثر تنوع گیاهی و نوع منبع تغذیه ای بر کارایی مصرف نور، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ و ۱۳۸۶-۱۳۸۵ 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 وارسته سویا (*Glycine max L.*) (ویلیامز، سحر و گرگان ۳)، کشت مخلوط سه گونه ارزن (ارزن معمولی *Panicum miliaseum L.*، مرواریدی *Pennisetum glaucum L.* و دم روباهی *Setaria italica L.*)، کشت مخلوط ارزن - سویا - کنجد (*Sesamum indicum L.*) و کشت مخلوط ارزن - کنجد - سنبله (*Trigonella foenum-graecum L.*) - زینان (*Trachyspermum ammi L.*) همراه با تک کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی در کرت‌های فرعی را شامل می‌شد. نتایج نشان داد که در هر دو نوع منبع تغذیه ای، شاخص سطح برگ هر یک از گیاهان در کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی آنها کاهش یافت. اثر نوع الگوی کشت بر کارایی مصرف نور از نظر آماری معنی دار بود. در بین الگوهای تک کشتی، بیشترین کارایی مصرف نور بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی در تک کشتی های ارزن معمولی و سویا رقم ویلیامز و گرگان ۳ مشاهده شد. کمترین میزان کارایی مصرف نور نیز در تک کشتی کنجد و ارزن دم روباهی بدست آمد. در الگوهای کشت مخلوط، هر چه قدر شباهت گیاهان موجود در مخلوط از نظر مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتر و تنوع کارکردی موجود افزایش یافت از نور به نحو بهتری استفاده شده و کارایی مصرف نور افزایش پیدا کرد، به طوریکه بیشترین میزان ماده خشک تولیدی به ازای نور جذب شده بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی در کشت مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، سنبله و زینان به مقدار ۳/۳۱ حاصل شد. کمترین میزان کارایی مصرف نور نیز در مخلوط سه گونه ارزن (۱/۹۶ گرم بر مگاژول) مشاهده گردید. اثر متقابل نوع الگوی کشت و نوع منبع تغذیه ای بر کارایی مصرف نور براساس تشعشع فعال فتوسنتزی از نظر آماری معنی دار بود. به طور کلی، بیشترین میزان کارایی مصرف نور در کشت مخلوط چهار گونه ارزن، سنبله، کنجد و زینان با نهاده تغذیه ای آلی مشاهده شد.

واژه های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، تک کشتی، پوشش گیاهی، کشت مخلوط

مقدمه

۲۶ درصد تشعشع فعال فتوسنتزی را در سال دریافت می‌کند. کارایی ضعیف جذب و مصرف آب و تشعشع در طی فصل رشد، مرتبط با سطح برگ پایین در طی دوره استقرار و پیری گیاه است. عملیات زراعی که قادر به کاهش طول این دوره باشد تاثیر مثبتی بر کارایی استفاده از منابع دارد (۷ و ۹).

گرایش مجدد به استفاده از چندکشتی به علت پتانسیل این الگوهای کشت برای افزایش عملکرد از طریق استفاده بهتر از منابع نظیر تشعشع خورشیدی و آب خاک توسط گونه‌های تشکیل دهنده می‌باشد (۱۳). وقتی دو گیاه در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند، خصوصیات مورفولوژیکی نظیر ارتفاع (۶) و پویایی سطح برگ (۱۲) و

گیاهان در طی فصل رشد، فقط بخش کوچکی از منابع در دسترس را استفاده می‌کنند به طور مثال ایبت و همکاران (۱) گزارش کردند که تک کشتی گندم، ذرت و سویا می‌تواند ۶۰-۵۰ درصد از تشعشع فعال فتوسنتزی را در طی فصل رشد جذب کند اما فقط ۳۶-

۱- استادیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: azizi40760@gmail.com)

۲، ۳ و ۴- استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

پوشش گیاهی مخلوط لوبیای چشم بلبلی - ذرت در مقایسه با تک کشتی لوبیا، نور کمتری را عبور داد و همبستگی مثبتی بین میزان نور رسیده به پایین پوشش گیاهی و جمعیت تریپس وجود داشت. واکنش ارقام مختلف در الگوهای مخلوط نیز متفاوت است. نصیری و الگرشما (۱۷) در بررسی میزان جذب نور در مخلوط شبدرسفید (*Trifolium repens* L.) و چچم (*Lolium perenne* L.) گزارش کردند که شبدر سفید (رقم رتور^۱) در مقایسه با ارقام دیگر، سطح برگ و سطح مخصوص برگ کمتری داشت و بنابراین در مخلوطهای دارای این رقم، جذب نور کمتر بود. سان و همکاران (۲۰) نشان دادند که عملکرد کشت مخلوط واریته‌های غیر مشابه سویا بیشتر از کشت خالص بود و این موضوع ناشی از پوشش گیاهی نامنظم (موجی) مخلوط بود که باعث جذب بهتر تشعشع گردید. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر تنوع گیاهی بر کارایی مصرف نور طیف وسیعی از گیاهان شامل سه واریته سویا (سویای زودرس - رقم ویلیامز، سویای متوسط رس - رقم سحر و سویای دیررس - رقم گرگان ۳، سه گونه ارزن (ارزن دم روباهی، ارزن معمولی و ارزن مرواریدی)، کنجد و گیاهان دارویی زینان و شنبلیله با منابع تغذیه ای متفاوت بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سالهای زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ و ۱۳۸۶-۱۳۸۵ به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوع نهاده تغذیه ای (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 ۲۰ تن در هکتار با مشخصات مندرج در جدول ۱ 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 گونه ای: کشت همزمان سه گونه ارزن شامل ارزن معمولی (*Panicum miliaceum*)، دم روباهی (*Setaria italica*) و مرواریدی (*Pennisetum glaucum*)

تنوع ژنتیکی: کشت همزمان سه رقم سویا (*Glysin max*) شامل ویلیامز، سحر و گرگان ۳

در رقابت آنها بر سر منابع موثر بوده و می‌تواند منجر به کاهش عملکرد هر یک اجزای گیاهی شود. البته اغلب، کاهش عملکرد گونه‌ها به اندازه‌ای چشمگیر نیست که عملکرد کل چندکشتی را در مقایسه با تک کشتی هر یک از اجزا کاهش دهد (۱۳).

اوزیر-لافونتاین و همکاران (۱۹) اظهار داشتند که تعیین کارایی کل استفاده از تشعشع چندکشتی و همچنین تعیین سهم هر یک از اجزا در جذب تشعشع، امری ضروری بوده و یکی از معیارهای ارزیابی چندکشتی است. کاویجلیا و همکاران (۱۰) در بررسی کشت متوالی و تاخیری گندم (*Triticum aestivum* L.) - سویا و مقایسه آن‌ها با تک کشتی هر یک از اجزای چندکشتی اظهار داشتند که اختلاف اندکی بین کشت تاخیری و متوالی گندم - سویا از نظر کارایی استفاده از تشعشع وجود داشت.

جهانسوز و همکاران (۱۳) در بررسی استفاده از تشعشع در طی فصل رشد در الگوهای تک کشتی و مخلوط گندم - نخود (*Cicer arietinum* L.) به صورت طرح جایگزینی دریافتند که در تیمار بدون آبیاری، کشت مخلوط هیچ سودمندی در مقایسه با تک کشتی گندم براساس شاخص سطح سبز، کسر تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده توسط پوشش گیاهی، ماده خشک و عملکرد دانه نداشت. عدم افزایش عملکرد کشت مخلوط با توسعه ضعیف پوشش گیاهی و توانایی تولید پایین نخود مرتبط بود که نتوانست کاهش جمعیت گندم در مخلوط را جبران کند. آبراهام و سینگ (۲) با اندازه گیری میزان جذب نور در کشت خالص سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و مخلوط آن با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، ماش سبز (*Vigna radiata* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و سویا دریافتند که جذب نور در تمامی مخلوطهای گیاهی بیشتر از تک کشتی سورگوم بود.

زنگ و همکاران (۲۳) جذب و مصرف تشعشع را در چندکشتی تاخیری گندم و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) با تغییر تعداد ردیفهای مربوط به هر یک از اجزا (۱:۳، ۲:۳، ۲:۴ و ۲:۶ به ترتیب پنبه و گندم) بررسی کردند و دریافتند که جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گندم در الگوهای مخلوط مورد بررسی به ترتیب ۸۳، ۷۱، ۷۳ و ۷۵ درصد بیشتر از تک کشتی گندم بود. پنبه نیز در کشتهای مخلوط ذکر شده به ترتیب، ۷۳، ۹۳، ۸۶ و ۶۷ درصد بیشتر از تک کشتی، تشعشع فعال فتوسنتزی را جذب کرد. کراز و سینوکوت (۱۱) اظهار داشتند که در کشت مخلوط *Arachis Digitaria decumbens - pinto*، جذب نور توسط *Digitaria decumbens* ۱۳ تا ۲۸ درصد کاهش یافت ولی کشت مخلوط، تاثیری بر کارایی مصرف تشعشع دو گونه نداشت. کیامانیوا و آمپوفو (۱۴) با بررسی اثر کشت مخلوط درهم لوبیای چشم بلبلی و ذرت بر شدت نور در پوشش گیاهی و تراکم جمعیت تریپس *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) دریافتند که

جدول ۱- مشخصات خاک و کود دامی محل آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۶ و ۱۳۸۴-۱۳۸۵

سال زراعی	منابع تغذیه‌ای	نیترژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	واکنش (pH)	هدایت الکتریکی (EC)	بافت
۱۳۸۴-۱۳۸۵	خاک	۰/۰۵	۱۴/۰۰	۱۱۰/۱۱	۷/۱	۲/۹۹	لومی
	کود دامی	۱/۲۳	۱۶۸/۱۲	۱۷۱/۰۶	-	-	-
۱۳۸۵-۱۳۸۶	خاک	۰/۰۷	۲۰/۹۲	۸/۶۰	۷/۷	۲/۰۸	لومی
	کود دامی	۱/۲۸	۲۷۶/۰۷	۲۹۹۲/۵۰	-	-	-

لایه توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ^۱ و وزن خشک آن پس از خشک شدن در ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت، به طور جداگانه اندازه گیری شد. لازم به ذکر است که فقط در گیاه شنبلیله به علت ارتفاع کمتر، فواصل لایه ای، ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. ضریب خاموشی نور بر اساس شیب خط رگرسیونی برازش شده بین شاخص سطح برگ و میزان نور عبور کرده از هر لایه پوشش گیاهی محاسبه گردید. برای تعیین سهم هر گونه از تشعشع و شاخص سطح برگ آن در پروفیل پوشش گیاهی از مدل طراحی شده (۱۸) استفاده شد.

$$I_{abs} = I_0(1 - \rho)(1 - \exp(-\sum K_i LAI_i)) \quad (1)$$

I_{abs} : مقدار کل تشعشع جذب شده توسط پوشش گیاهی بر حسب مگاژول در متر مربع
 I_0 : مقدار کل تشعشع رسیده به پوشش گیاهی بر حسب مگاژول در متر مربع

LAI_i : شاخص سطح برگ گونه گیاهی

K_i : ضریب استهلاک نور گونه گیاهی

ρ : ضریب انعکاس نور

این معادله بر اساس توزیع سطح برگ (LAD) که توسط یک تابع مثلثی توصیف شده است، برای هر لایه پوشش گیاهی بطور جداگانه حل شده و سپس به کمک معادلات ۲ و ۳، میزان تشعشع جذب شده گونه ها در هر لایه پوشش گیاهی برآورد شده است.

$$F_{abs_i} = \frac{K_i LAI_i}{\sum K_i LAI_i} \quad (2)$$

$$I_{abs_i} = I_{abs} \cdot F_{abs_i} \quad (3)$$

F_{abs_i} : سهم هر گونه از نور جذب شده

I_{abs_i} : میزان نور جذب شده توسط هر گونه

میزان تشعشع ورودی روزانه، با استفاده از معادله آنگستروم (۸) براساس داده های بدست آمده از ایستگاه هواشناسی مرکز ملی اقلیم

تنوع کارکردی: کشت همزمان رقم اکتان کنجد (*Sesamum indicum*)، ارزن معمولی و سویا (رقم سحر) و همچنین کشت همزمان ارزن معمولی، کنجد، شنبلیله (*-Trigonella foenum-graecum*) و زنیان (*Trachyspermum ammi*)

تک کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی

پس از عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر، کرت بندی مزرعه صورت گرفت و گیاهان درون کرتها و با تراکم توصیه شده کشت گردید. در تیمارهای چندکشتی نیز، کشت بذور گونه ها 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 چهارهفته بعد از کاشت به صورت سرک به خاک داده شد.

ابعاد هر کرت اصلی ۳×۷۱ متر و هر کرت فرعی ۳×۵ متر بود. فاصله بین کرت های فرعی در داخل هر کرت اصلی ۵۰ سانتیمتر و بین کرت های اصلی در هر تکرار ۲ متر بود.

به منظور اندازه گیری ارتفاع، وزن خشک، سطح برگ و کارایی مصرف نور در گیاهان مختلف، نمونه برداری به فواصل ۱۵ روزه صورت گرفت. در هر کرت، میزان تشعشع توسط دستگاه تشعشع سنج در قسمت فوقانی و تحتانی پوشش گیاهی اندازه گیری شد. برای تعیین میزان تشعشع در پوشش گیاهی، سه اندازه گیری در جهات مختلف انجام و میانگین میزان تشعشع ثبت شد. زمان ثبت اندازه گیری ها بین ساعات ۱۰ تا ۱۳ بود. همچنین در هر کرت در محل اندازه گیری تشعشع، کوادراتی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتیمتر مربع به طور تصادفی قرار داده شد و گیاهان موجود در کوادرات، پس از تعیین ارتفاع، برداشت و به منظور اندازه گیری سطح برگ و وزن خشک به آزمایشگاه منتقل گردید. همچنین در مرحله گلدهی، برای تعیین ضریب استهلاک نور و توزیع عمودی سطح برگ، میزان تشعشع در امتداد پوشش گیاهی در فواصل لایه ای ۲۰ سانتیمتر، توسط دستگاه تشعشع سنج اندازه گیری شد. سپس پوشش گیاهی برداشت شده به لایه های ۲۰ سانتیمتری تقسیم شده و میزان شاخص سطح برگ هر

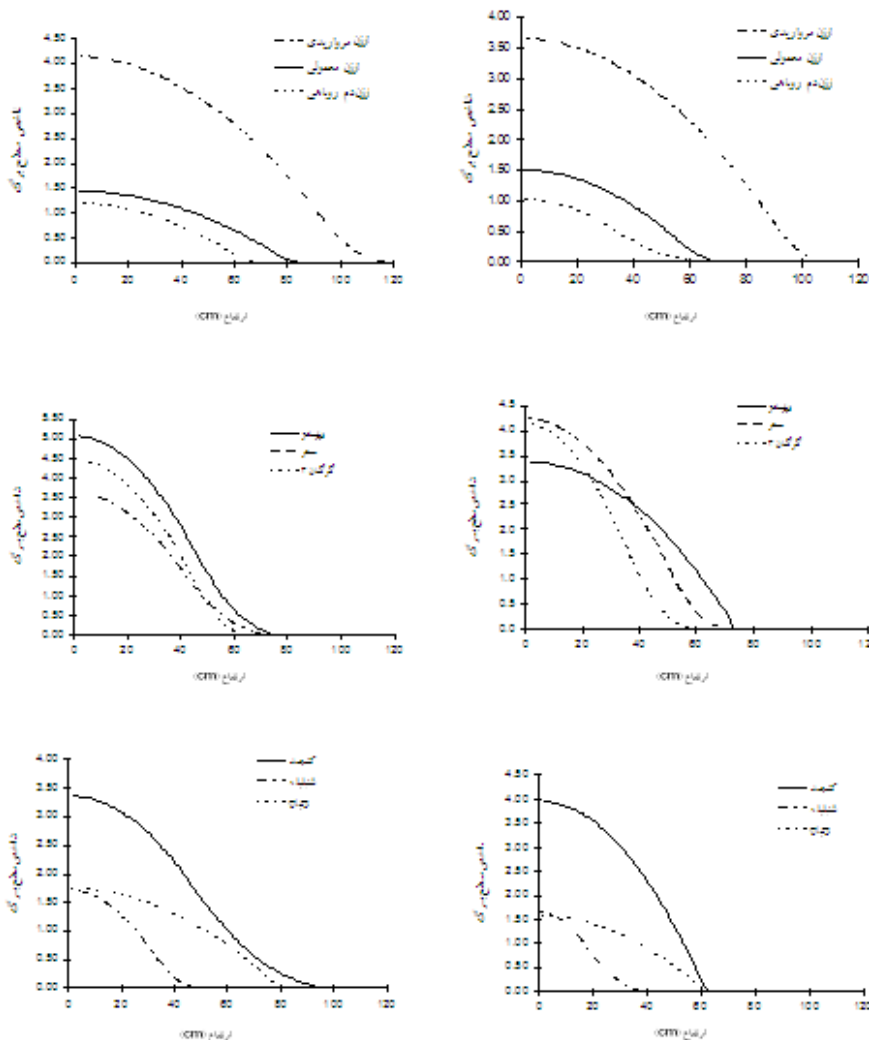
مختلف پوشش گیاهی بسته به نوع نهاده تغذیه ای و گیاه زراعی، متفاوت بود. در بین سه گونه ارزن مورد بررسی، بیشترین و کمترین سطح برگ تجمعی به ترتیب در تک کشتی ارزن مرواریدی و ارزن دم روباهی بدست آمد. با اعمال نهاده معدنی، در کلیه تک کشتی های مورد بررسی به استثنای وارپته های مختلف سویا، ارتفاع گیاه نسبت به تیمار نهاده آلی افزایش یافت (شکل ۱). دلیل افزایش رشد و ارتفاع گیاهان در تیمار نهاده معدنی، وجود مقادیر بیشتری از عناصر غذایی قابل دسترس در این تیمار در مقایسه با نهاده آلی می باشد.

شناسی استان خراسان رضوی، محاسبه شد. برای محاسبه کارایی مصرف نور از شیب خط رگرسیونی بین وزن خشک و مقدار تجمعی تشعشع جذب شده توسط پوشش گیاهی در طی فصل رشد استفاده شد. آنالیز داده ها و ترسیم نمودارها با نرم افزارهای Minitab، Excel، Sigma plot و MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن صورت گرفت.

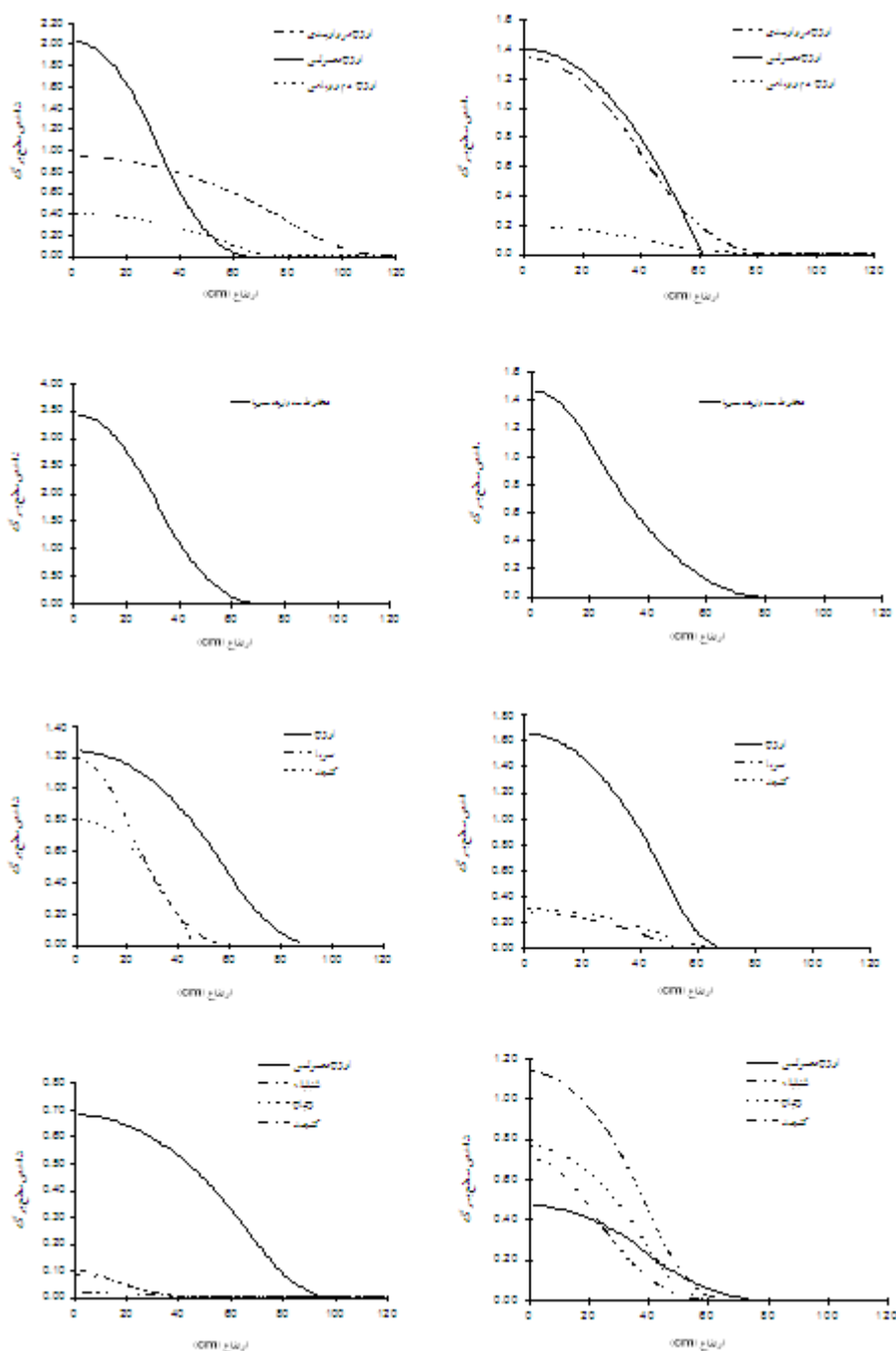
نتایج و بحث

توزیع سطح برگ در لایه های مختلف پوشش گیاهی در زمان گلدهی

نتایج تحقیق نشان داد که تغییرات سطح برگ در لایه های



شکل ۱- تغییرات سطح برگ با تغییر ارتفاع در تک کشتی های مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ) در زمان گلدهی



شکل ۲- تغییرات سطح برگ با تغییر ارتفاع در کشت‌های مخلوط مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ) در زمان گلدهی

سطح برگ و عملکرد هر یک از اجزای گیاهی شود (۱۲ و ۱۶). در کشت مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد، سطح برگ و ارتفاع گیاهان مختلف متفاوت بود. در تیمارهای نهاده تغذیه ای معدنی و آلی به ترتیب بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۱/۲۴ و ۱/۶۶ مربوط به ارزن معمولی بود (شکل ۲). در نهاده تغذیه ای

در هر دو نوع منبع تغذیه ای، شاخص سطح برگ هر یک از گیاهان در کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی آنها کاهش یافت. بدیهی است که وقتی گیاهان مختلف با تراکم بیشتری نسبت به تک کشتی هر یک از اجزای گیاهی در مجاورت هم قرار می‌گیرند، با یکدیگر بر سر منابع رقابت کرده که این امر می‌تواند منجر به کاهش

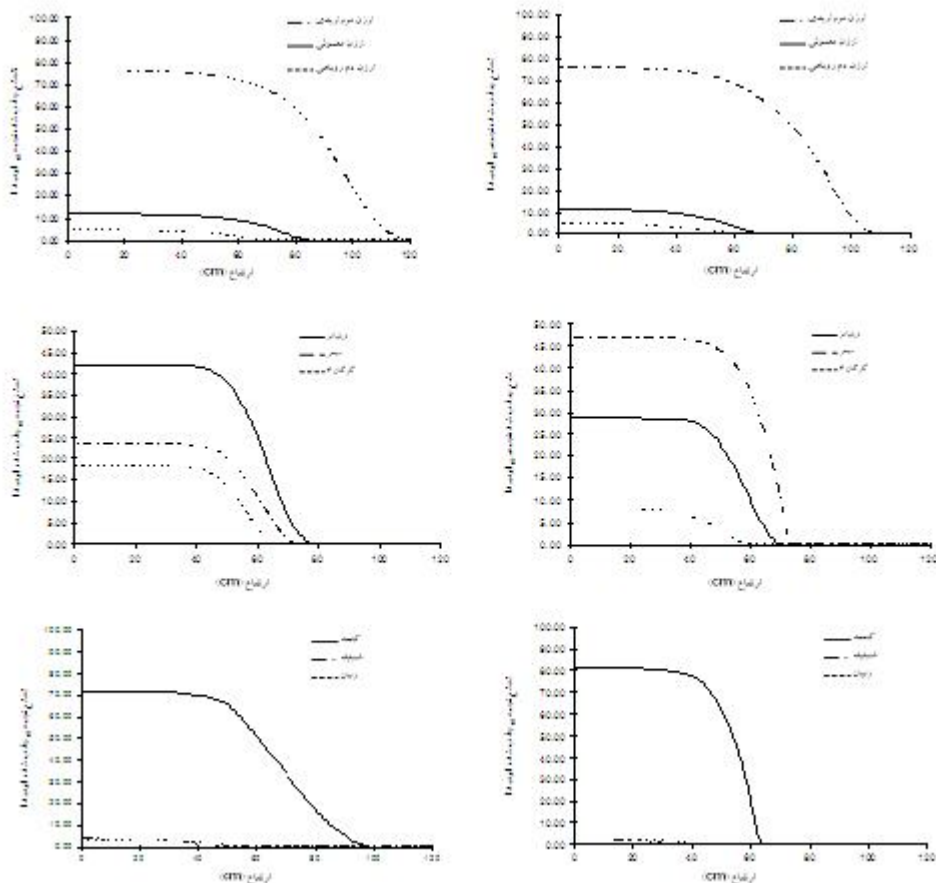
غذایی در دسترس کمتر، بقولات غالب شده و سطح برگ بیشتری در مقایسه با غلات تولید خواهند کرد اما در محیط دارای عناصر غذایی فراوان، غلات چهارکربنه با سرعت رشد بیشتر غالب شده و با جذب نور بیشتر، نفوذ نور به درون پوشش گیاهی و جذب آن توسط گونه‌های دیگر را کاهش می دهند.

میزان تشعشع جذب شده جمعی در لایه های مختلف پوشش گیاهی در زمان گلدهی

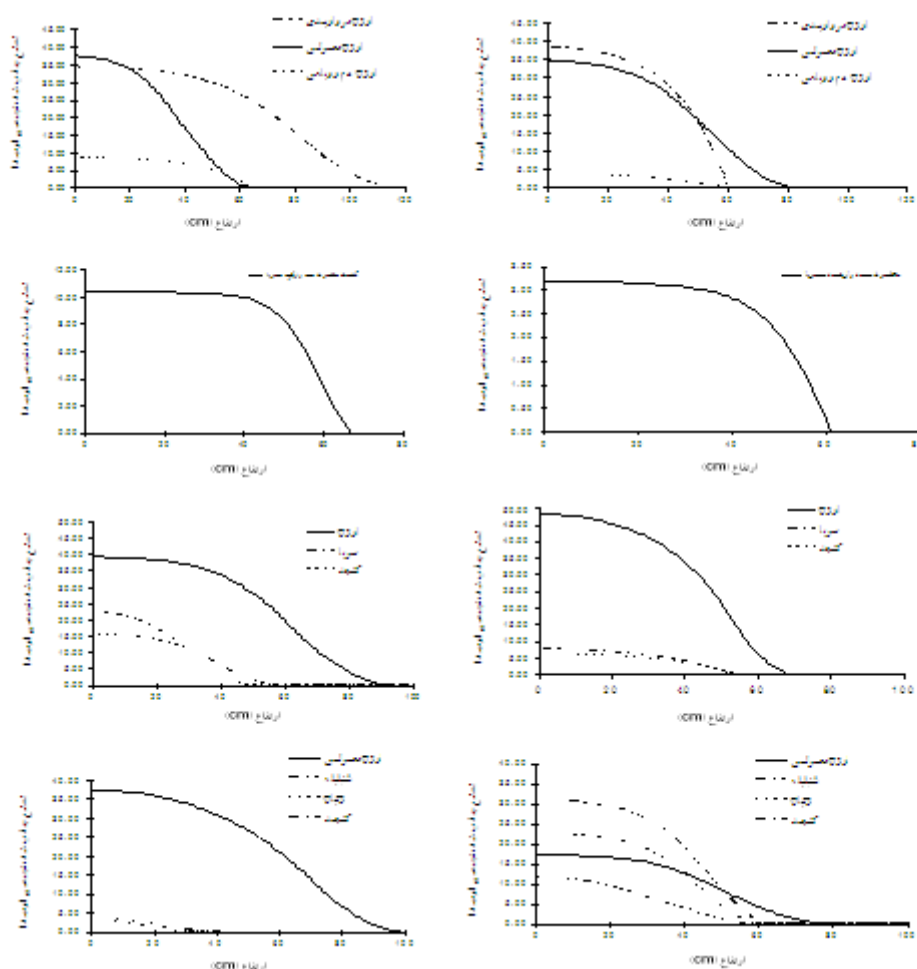
نتایج نشان داد که بین تک کشتی گونه های مختلف ارزن، پوشش گیاهی ارزن مرواریدی متراکم تر و دارای ارتفاع و سطح برگ بیشتر بوده و در نتیجه قدرت جذب نور بالاتری در مقایسه با ارزن معمولی و دم روباهی داشت، به طوریکه میزان تشعشع جذب شده کل پوشش گیاهی در الگوی تک کشتی ارزن مرواریدی با نهاده معدنی و آلی به ترتیب ۷۶/۲ و ۷۶/۱ درصد بود (شکل ۳).

معدنی، کمترین سهم را در تعیین سطح برگ مخلوط کارکردی سه گونه ارزن، سویا و کنجد داشت به طوریکه میزان سطح برگ آن در تیمار تغذیه ای معدنی و آلی به ترتیب ۰/۸ و ۰/۳ بود. نتایج نشان داد که سطح برگ نسبی سه گونه ارزن، سویا و کنجد در تیمار تغذیه ای آلی به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۱۲ و ۰/۱۴ و در نهاده تغذیه ای معدنی به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۳۷ و ۰/۲۵ بود. کنجد در ابتدای فصل، سرعت رشد کندی دارد. در صورتیکه این گیاه با گیاهانی که رشد اولیه سریعی دارند در مخلوط افزایشی قرار گیرد مغلوب شده و قادر به دستیابی به بیومس و سطح برگی معادل با تک کشتی خود نخواهد بود.

همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می شود در بین گیاهان موجود در مخلوط ۴ گونه ارزن، کنجد، شنبليله و زنیان با نهاده تغذیه ای آلی، بیشترین ارتفاع گیاهی به ارزن و بیشترین سطح برگ به شنبليله اختصاص داشت. با تغییر نوع منبع تغذیه ای، ارزن با مسیر فتوسنتزی چهار کربنه بهتر عمل کرده و گیاه غالب در پوشش گیاهی بود. بدیهی است در کشت مخلوط غلات و بقولات، در محیط های دارای عناصر



شکل ۳- تغییرات میزان کل نور جذب شده با تغییر ارتفاع در تک کشتی های مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ) در زمان گلدهی



شکل ۴- تغییرات میزان کل نور جذب شده با تغییر ارتفاع در کشت های مخلوط مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ) در زمان گلدهی

شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در کشت مخلوط سه گونه ارزن به علت تولید بایومس زیاد توسط ارزن مرواریدی، رشد و توسعه گونه های دیگر و به تبع آن میزان تشعشع جذب شده توسط این گونه ها کاهش یافت.

همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می شود در کشت مخلوط سه گونه ارزن معمولی، سویا و کنجد، ارزن سهم بیشتری در جذب تشعشع در مقایسه با کنجد و سویا داشت. در تیمار نهاده آلی میزان جذب تشعشع توسط ارزن ۴۸/۲ درصد بوده و سویا و کنجد به ترتیب ۷/۶ و ۶/۲ درصد، جذب تشعشع داشتند. در تیمار منبع تغذیه ای معدنی، اختلاف بین گونه ها در جذب نور کاهش یافت به طوری که میزان جذب نور توسط ارزن به ۳۲/۳ درصد رسید. درصد جذب نور در گیاه سویا و کنجد نیز به ترتیب ۲۲/۵ و ۱۵/۵ درصد بود. گیاه کنجد در کشت مخلوط نتوانست به خوبی رشد کرده و سهم اندکی در جذب تشعشع داشت. دلیل این امر، سرعت رشد نسبی پایین گیاه در مراحل ابتدایی رشد و در نتیجه مغلوب شدن این گیاه در مجاورت گیاهان

در مقایسه تک کشتی سه وارپته سویا از نظر جذب تشعشع، وارپته ویلیامز که یکی از وارپته های زودرس سویا است دارای بیشترین میزان جذب تشعشع در مقایسه با وارپته های دیگر بود. در تیمار نهاده معدنی و آلی، میزان جذب تشعشع در تک کشتی سویا وارپته ویلیامز، به ترتیب ۴۳ و ۴۷ درصد بدست آمد. همانگونه که قبلا ذکر شد، وارپته های دیررس و متوسط رس سویا در ابتدا، رشد کندتری در مقایسه با رقم زودرس ویلیامز داشته و در مرحله گلدهی و غلاف بندی با سرمای زودرس پاییزه مواجه شدند (شکل ۳).

در بین سه گیاه کنجد، شنلیله و زنیان، بیشترین ارتفاع گیاهی و جذب تشعشع در تیمار تک کشتی کنجد با نهاده آلی (۸۱ درصد با ارتفاع ۶۴ سانتیمتر) حاصل شد در صورتیکه میزان جذب تشعشع این پوشش گیاهی با اعمال نهاده معدنی به ۷۲ درصد با ۱۰۰ سانتیمتر ارتفاع رسید (شکل ۳).

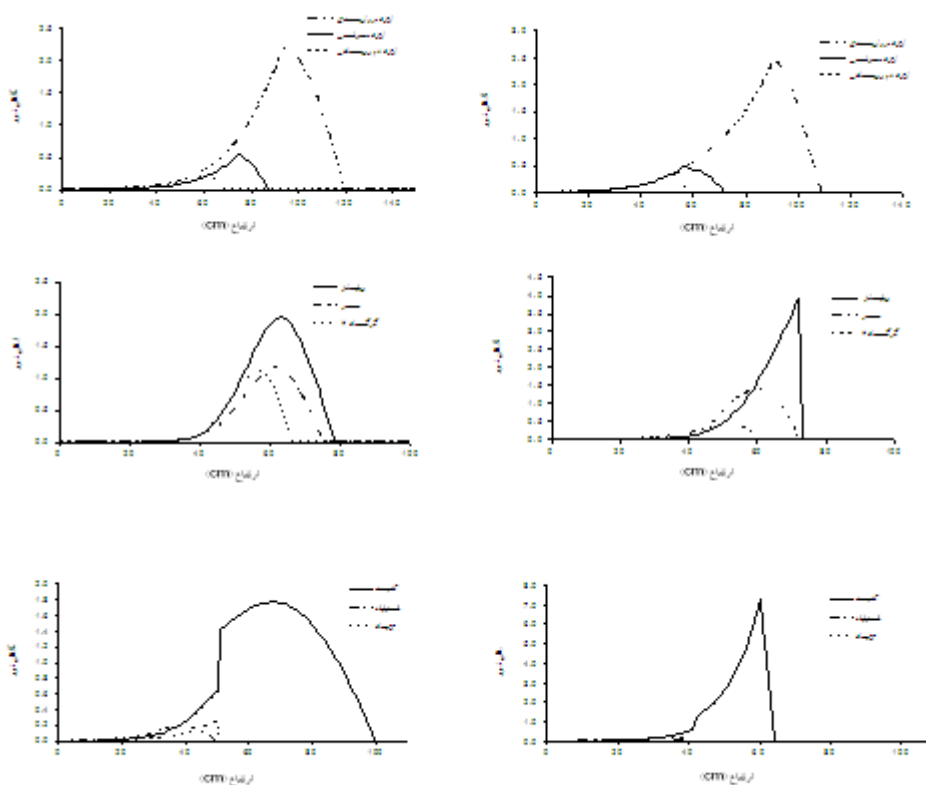
تغییرات درصد تشعشع جذب شده تجمعی در لایه های مختلف پوشش گیاهی مخلوط سه گونه ارزن با نهاده های آلی و معدنی در

پوشش‌های گیاهی تک کشتی سه گونه ارزن، چگالی نور نیز تغییر یافت، به طوری‌که در بین تک کشتی گونه‌های مختلف ارزن، بیشترین چگالی نور در گیاه ارزن مرواریدی مشاهده شد. در تیمار تغذیه ای آلی، ارزن مرواریدی در ارتفاع ۹۱ سانتیمتری و در تیمار نهاده معدنی در ارتفاع ۹۳ سانتیمتری از سطح زمین، دارای بیشترین سطح برگ و جذب نور بود. ارتفاعی که در آن بیشترین سطح برگ مشاهده شد در گونه‌های مختلف ارزن متفاوت بود ولی در هر دو تیمار تغذیه ای، ابتدا میزان چگالی نور از قسمت تحتانی به سمت قسمت فوقانی پوشش گیاهی روند افزایشی داشت و بعد از دستیابی به بیشترین مقدار خود، در بالای پوشش گیاهی کاهش یافت (شکل ۵). در هر دو تیمار تغذیه ای، در بین واریته‌های مختلف سویا، تک کشتی سویا واریته ویلیامز دارای بیشترین چگالی نور بود. در تیمار تغذیه ای معدنی، نوسانات موجود بین گیاهان از نظر ارتفاع و به تبع آن چگالی نور در مقایسه با نهاده آلی کاهش یافت. به طور کلی بین کلیه تک کشتی‌های مورد بررسی، شنبليله و زنیان دارای حداکثر چگالی نور کمتری در مقایسه با دیگر گونه‌ها بودند (شکل ۵).

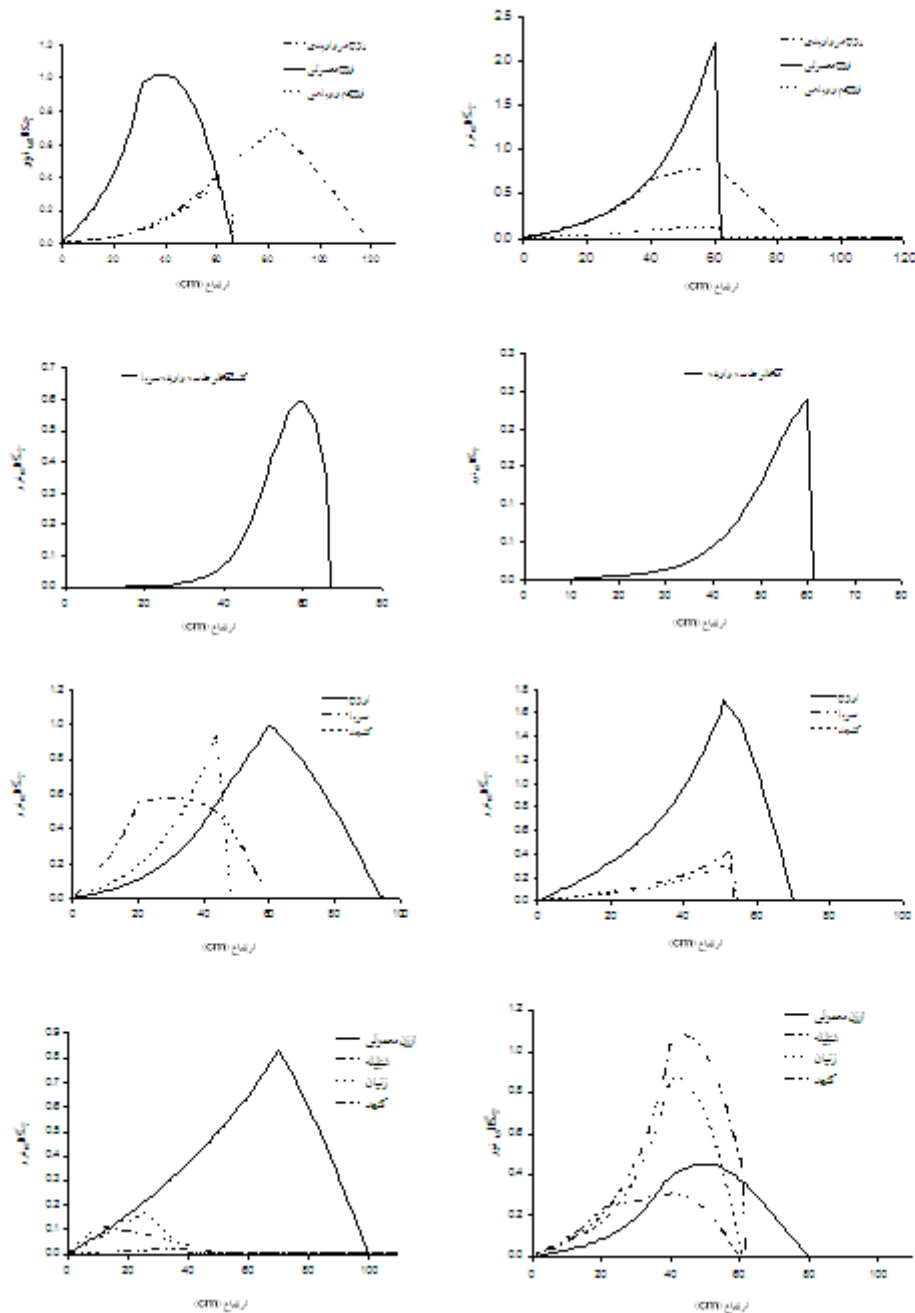
دیگر موجود در مخلوط است. در کشت مخلوط ارزن، کنجد، شنبليله، زنیان با نهاده تغذیه ای آلی، زنیان، ارزن و کنجد به عنوان گیاهان غالب در مخلوط عمل کردند. اما در تیمار نهاده تغذیه ای معدنی، میزان جذب نور توسط کنجد و زنیان کاهش یافت و ارزن تنها گونه غالب مخلوط بود. کنجد و زنیان در تیمار تغذیه ای معدنی، به خوبی رشد نکرده و میزان جذب نور اندکی داشتند. به نظر می‌رسد که دلیل این امر رشد اولیه کند و توانایی کمتر این گیاهان در جذب عناصر غذایی در مقایسه با غلات بود که منجر به سطح برگ و جذب تشعشع کمتر کنجد و زنیان شد. گیاهانی که در ابتدای فصل، رشد سریعتری داشته باشند، فضا و منابع موجود را تسخیر کرده و رشد گونه‌های مجاور و سهم آنها در جذب منابع موجود را کاهش می‌دهند.

چگالی نور در لایه‌های مختلف پوشش گیاهی در زمان گلدهی

چگالی نور، تعیین کننده میزان جذب نور در لایه‌ها و ارتفاع‌های مختلف پوشش گیاهی است. با تغییر ارتفاع و گونه گیاهی در



شکل ۵- تغییرات چگالی نور با تغییر ارتفاع در تک کشتی‌های مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ)



شکل ۶- تغییرات چگالی نور با تغییر ارتفاع در کشت‌های مخلوط مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ)

هم منطبق نبود و بیشترین چگالی سطح برگ و نور در هر یک از سه گونه ارزن در ارتفاع متفاوتی در مقایسه با گیاهان دیگر حاصل شد. این امر می‌تواند به جذب بهتر نور توسط پوشش گیاهی مخلوط کمک کند، در صورتیکه در تک کشتی گیاهان، این نوسانات در میزان سطح برگ و جذب نور لایه‌های مختلف پوشش گیاهی مشاهده نمی‌شود (شکل ۶).

به طور کلی در کشت مخلوط سه گونه ارزن مرواریدی، معمولی و دم روباهی، دو گونه ارزن معمولی و مرواریدی، چگالی سطح برگ و نور بیشتری نسبت به ارزن دم روباهی داشتند. این گیاهان با جذب نور بیشتر در هر لایه، باعث کاهش سطح برگ و جذب نور ارزن دم روباهی شدند. نکته قابل توجه آن بود که در هر دو تیمار تغذیه ای، روند تغییرات چگالی نور سه گونه گیاهی موجود در کشت مخلوط بر

داده و در نتیجه این گیاه قادر به جذب نور بیشتری خواهد بود (شکل ۶).

بوٹ و همکاران (۲۱) اظهار داشتند که در پوشش گیاهی مخلوط ارتفاع، شاخص سطح برگ و توزیع عمودی سطح برگ هرگونه در لایه های مختلف در جذب نور توسط مخلوط موثر است. بنابراین با انتخاب صحیح گیاهان، فضاهای خالی موجود در پوشش گیاهی اشغال شده و استفاده از منابعی نظیر نور بهتر صورت می گیرد.

کارایی مصرف نور

به منظور محاسبه کارایی مصرف نور در الگوهای مختلف کشت با نهاده های تغذیه ای متفاوت، ضریب خاموشی نور در پوشش های گیاهی تک کشتی محاسبه و در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج حاکی از آن است که در کشت مخلوط ارزن، سویا و کنجد با تیمار تغذیه ای آلی، علی رغم اینکه سه گونه موجود در مخلوط، حداکثر چگالی نور متفاوتی داشتند، ارتفاعی که در آن بیشترین چگالی نور بدست آمد در هر سه گیاه تقریباً یکسان بود. در تیمار نهاده تغذیه ای معدنی، اختلاف بین گیاهان از نظر چگالی نور و ارتفاعی که در آن بیشترین چگالی نور مشاهده شد قابل ملاحظه بود. بیشترین چگالی سطح برگ سویا، ارزن و کنجد به ترتیب در ارتفاع ۲۳، ۶۰ و ۴۴ سانتیمتری از سطح زمین حاصل شد. در کشت مخلوط ارزن، کنجد، شنبليله و زنیان با نهاده تغذیه ای معدنی، حداکثر چگالی نور ارزن بیشتر بوده و در ارتفاع بالاتری در مقایسه با نهاده تغذیه ای آلی بدست آمد. ارزن گیاهی چهارکربنه است که توانایی تولید ماده خشک و سطح برگ بیشتری نسبت به گیاهان سه کربنه دارد. حضور عناصر غذایی بیشتر در محیط، سرعت رشد و سطح برگ ارزن را افزایش

جدول ۲- تغییرات ضریب خاموشی نور در پوشش های گیاهی مختلف

ضریب خاموشی نور (K)	انحراف معیار	ضریب همبستگی (R ²)	
۰/۵۵۳	۰/۰۴۷	۰/۹۵	ارزن معمولی
۰/۶۰۷	۰/۰۵۱	۰/۹۶	ارزن مرواریدی
۰/۶۲۰	۰/۰۰۴	۰/۷۹	ارزن دم روباهی
۰/۵۲۲	۰/۰۴۸	۰/۹۴	سویا- رقم ویلیامز
۰/۵۰۱	۰/۰۹۰	۰/۸۲	سویا- رقم سحر
۰/۴۶۷	۰/۰۵۰	۰/۹۶	سویا- رقم گرگان ۳
۰/۷۲۲	۰/۱۱۹	۰/۸۴	کنجد
۰/۷۴۳	۰/۱۲۴	۰/۷۹	شنبليله
۰/۶۵۳	۰/۰۸۶	۰/۸۹	زنیان

جدول ۳- اثر نوع الگوی کشت بر کارایی مصرف نور بر حسب تشعشع فعال فتوسنتزی (g MJ⁻¹)

pan	pen	set	soyv	soys	soyg	se	tri	tra	pps	Sss	pss	pstt	کارایی مصرف نور ضریب همبستگی
a۳/۲۷	bcd۲/۸۹	gh۱/۹۳	ab۳/۲۱	fg۲/۲۱	abc۳/۰۶	h۱/۷۶	cde۲/۷۶	de۲/۶۱	gh۱/۹۶	ef۲/۴۸	def۲/۵۴	a۳/۳۱	۰/۸۱
۰/۸۳	۰/۵۵	۰/۸۳	۰/۶۳	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۵۳	۰/۸۹	۰/۵۹	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۵۶		

*- میانگین های دارای حروف مشترک در هر سطر، از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۴- اثر متقابل نوع منبع تغذیه ای و الگوی کشت بر کارایی مصرف نور بر حسب تشعشع فعال فتوسنتزی (g MJ⁻¹)

pan	pen	set	soyv	soys	soyg	se	tri	tra	pps	sss	pss	pstt	کارایی مصرف نور شیمیایی
۳/۳۴	۳/۳۴	۲/۷۲	۳/۲۲	۲/۰۹	۲/۳۰	j۱/۱۴	ef۲/۷۰	۲/۵۶	ij۱/۳۴	ij۱/۶۰	۳/۲۹	a۳/۸۸	کود دامی
bc	bc	ef	cde	gh	fg			fg			cd		کود نور
۳/۴۰	۳/۴۰	j۱/۱۳	cde۳/۲	fg۳/۳۲	۳/۸۲	۲/۳۸	۲/۸۲	f۲/۶۵	fg	bc	hi۱/۷۸	ef	شیمیایی

*- میانگین های دارای حروف مشترک در هر یک از پارامترها (کل تشعشع جذب شده و تشعشع فعال فتوسنتزی)، از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند.

ملاحظه ای کاهش یافت در صورتیکه در کشتهای مخلوط دیگر با اعمال نهاده تغذیه ای معدنی، میزان ماده خشک و سطح برگ تولیدی و به تبع آن کارایی مصرف نور افزایش یافت (جدول ۴).

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

همانگونه که در جدول ۵ ملاحظه می شود کارایی مصرف نور گونه های مختلف ارزن در تک کشتی و کشت مخلوط متفاوت بود. در ارزن معمولی، کارایی مصرف نور ارزن معمولی با تغییر الگوی کشت و کاربرد این گیاه در کشت مخلوط سه گونه ارزن به طور معنی داری کاهش یافت اما اختلاف معنی داری بین تک کشتی ارزن معمولی، کشت مخلوط ارزن، سویا و کنجد و کشت مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان مشاهده نشد. در گونه های ارزن مرواریدی و ارزن دم روباهی نیز میزان کارایی مصرف نور در تک کشتی به طور معنی داری بیشتر از مخلوط بود.

در بین دیگر گیاهان دیگر مورد بررسی نیز فقط کارایی مصرف نور سویا در کشت مخلوط با تک کشتی اختلاف معنی داری داشت. کارایی مصرف نور سویا در تک کشتی سویا به میزان ۰/۳۰ بیشتر از کشت مخلوط آن بود (جدول ۶).

آوال و همکاران (۳) با بررسی کارایی مصرف نور در تک کشتی و مخلوط ذرت و بادام زمینی دریافتند که کارایی مصرف نور ذرت و تغییرات آن در مخلوط، مشابه با تک کشتی بود، ولی کارایی مصرف نور بادام زمینی در مخلوط ۷۵ درصد نسبت به تک کشتی افزایش یافت. تسوبو و والکر (۲۲) نیز اظهار داشتند که کارایی مصرف نور ذرت در مخلوط تفاوتی با تک کشتی نداشت ولی کارایی مصرف نور لوبیا در مخلوط به میزان ۱۲ درصد افزایش یافت.

اثر نوع الگوی کشت بر کارایی مصرف نور از نظر آماری معنی دار بود. در بین الگوهای تک کشتی، بیشترین کارایی مصرف نور بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی در تک کشتی های ارزن معمولی و سویا رقم ویلیامز و گرگان ۳ مشاهده شد. کمترین میزان کارایی مصرف نور نیز در تک کشتی کنجد و ارزن دم روباهی بدست آمد. نتایج نشان داد که در الگوهای کشت مخلوط، هرچه قدر شباهت گیاهان موجود در مخلوط از نظر مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتر و تنوع کارکردی موجود افزایش یافت از نور به نحو بهتری استفاده شده و کارایی مصرف نور افزایش پیدا کرد، به طوری که بیشترین میزان ماده خشک تولیدی به ازای نور جذب شده بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی در کشت مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان به مقدار ۳/۳۱ حاصل شد. کمترین میزان کارایی مصرف نور نیز در مخلوط سه گونه ارزن (۱/۹۶ گرم بر مگاژول) مشاهده گردید (جدول ۳).

زنگ و همکاران (۲۳) با بررسی جذب و مصرف تشعشع در چند کشتی گندم و پنبه دریافتند که جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گندم در الگوهای مخلوط مورد بررسی، بیشتر از تک کشتی گندم بود. بومان و همکاران (۵) نیز گزارش کردند که جذب نور در کشت مخلوط تره فرنگی و کرفس به طور معنی داری بیشتر از تک کشتی تره فرنگی بود. نامبردگان اظهار داشتند که در کشت مخلوط کرفس و تره فرنگی، کرفس با برگهای افقی تر خود توانایی بهتری برای جذب نور در مقایسه با تره فرنگی داشت و در نتیجه سهم بیشتری از جذب نور را در مخلوط به خود اختصاص داد.

اثر متقابل نوع الگوی کشت و نوع منبع تغذیه ای بر کارایی مصرف نور بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی از نظر آماری معنی دار بود. بیشترین میزان کارایی مصرف نور در کشت مخلوط چهار گونه ارزن، شنبلیله، کنجد و زنیان با نهاده تغذیه ای آلی مشاهده شد. نتایج حاکی از آن است که در کشتهای مخلوط با تنوع کارکردی با تغییر نوع نهاده تغذیه ای از آلی به معدنی کارایی مصرف نور به طور قابل

جدول ۵- کارایی مصرف نور و ضرایب همبستگی سه گونه ارزن در الگوهای کشت مختلف

پستت	پس	پپس	تک کشتی	
^a ۲/۳۴	^a ۳/۴۳	^b ۲/۴۴	^a ۳/۳۷	ارزن معمولی
-	-	^b ۱/۵۹	^a ۲/۸۹	کارایی مصرف نور ارزن مرواریدی
-	-	^a ۳/۹۹	^b ۱/۹۳	ارزن دم روباهی
۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۵۴	۰/۸۱	ارزن معمولی
-	-	۰/۵۶	۰/۸۲	ضریب همبستگی ارزن مرواریدی
-	-	۰/۹۶	۰/۵۵	ارزن دم روباهی

*- میانگین های دارای حروف مشترک در هر ردیف از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند.

کشت مخلوط ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهی pps، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیان pstt

جدول ۶ - کارایی مصرف نور و ضرایب همبستگی کنجد، سویا، شنبليله و زنیان در الگوهای کشت مختلف

پستت	پس	تک کشتی	
^a ۲/۰۰	^a ۲/۰۱	^a ۱/۷۶	کنجد
-	^b ۱/۹۱	^a ۲/۲۱	سویا
^a ۲/۶۱	-	^a ۲/۷۶	شنبليله
^a ۲/۷۴	-	^a ۲/۶۱	زنیان
-	^a ۰/۷۹	^a ۰/۸۶	کنجد
-	^a ۰/۶۲	^a ۰/۶۳	سویا
^a ۰/۷۴	-	^a ۰/۵۳	شنبليله
^a ۰/۶۳	-	^a ۰/۸۹	زنیان

*- میانگین های دارای حروف مشترک در هر ردیف از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند.
کشت مخلوط ارزن معمولی - سویا - کنجد pss, ارزن معمولی - کنجد - شنبليله - زنیان pstt

نتیجه گیری

مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، شنبليله و زنیان حاصل شد. با افزایش تنوع گیاهان زراعی، آشیان ها و فضاهای خالی موجود در زمین اشغال می شوند و علفهای هرز کمتر فرصت حضور در عرصه را پیدا می کنند. از طرف دیگر به علت ایجاد حالت مکملی در بوم نظام های متنوع، از نهاده های موجود بهتر استفاده می شود (۴ و ۱۵).

نتایج این تحقیق نشان داد که در الگوهای کشت مخلوط، هرچه قدر شباهت گیاهان موجود در مخلوط از نظر مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتر و تنوع کارکردی افزایش یافت، از نور به نحو بهتری استفاده شده و کارایی مصرف نور افزایش پیدا کرد، به طوریکه بیشترین میزان ماده خشک تولیدی به ازای نور جذب شده در کشت

منابع

- 1- Abbate, P. E., F. H. Andrade, and J. F. Culot. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *Journal of Agricultural Science*. 124:351-360.
- 2- Abraham, C. T. and S. T. P. Singh. 1984. Weed management in sorghum- legume intercropping systems. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 103: 103-115.
- 3- Awal, M. A., H. Koshi, and T. Ikeda. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*. 139: 74-83.
- 4- Barberi, P., N. Silvestri, and E. Bonari. 1997. Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation. *Weed Research*. 37: 301-313.
- 5- Baumann, D. T., L. Bastiaans, and M. J. Kropff. 2001. Composition and crop performance in a leek- celery intercropping system. *Crop Science*. 41: 764-774.
- 6- Baumann, D. T., L. Bastiaans, and M. J. Kropff. 2002. Intercropping system optimization for yield, quality, and weed suppression combining mechanistic and descriptive models. *Agronomy Journal*. 94:734-742.
- 7- Board, J. E., B. G. Harville, and M. Kamal. 1994. Radiation-use efficiency in relation to row spacing for late-planted soybean. *Field Crops Research*. 36: 13-19.
- 8- Bonhomme, R. 2000. Be ware of comparing RUE values calculated from PAR vs. solar radiation or absorbed vs. intercepted radiation. *Field Crops Research*. 68: 247-252.
- 9- Caviglia, O. P. and V. O. Sadras. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water and radiation-use efficiency of wheat. *Field Crops Research*. 69: 259-266.
- 10- Caviglia, O. P., V. O. Sadras, and F. H. Andrade. 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.
- 11- Cruz, P. A. and H. Sinoquet. 1994. Competition for light and nitrogen during a regrowth cycle in a tropical forage mixture. *Field Crops Research*. 36: 21-30.
- 12- Fukai, S. 1993. Intercropping-base of productivity. *Field Crops Research*, 34: 239-245.
- 13- Jahansooz, M. R., I. A. M. Yunusa, D. R. Coventry, A. R. Palmer, and D. Eamus. 2007. Radiation- and water-use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops. *European Journal of Agronomy*. 26: 275-282.
- 14- Kyamanywa, S., and J. K. O. Ampofo. 1988. Effect of cowpea/maize mixed cropping on the incident light at the cowpea canopy and flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) population density. *Crop Protection*. 7: 186-189.

- 15- Marshall, E. J. P., V. K. Brown, N. D. Boatman, P. J. W. Lutman, G. R. Squire, and L. K. Ward. 2003. The role of weeds supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*. 43: 77-89.
- 16- Midmore, D. J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. *Field Crops Research*. 34: 358-380.
- 17- Nassiri, M. and A. Elgersma. 1998. Competition in perennial ryegrass- white clover mixtures under cutting. 2. leaf characteristics, light interception and dry matter production during regrowth. *Grass and Forage Science*. 53: 367-379.
- 18- Nassiri, M., A. Elgersma, and E. A. Lantinga. 1996. Vertical distribution of leaf area, dry matter and radiation in grass clover mixture. In: Parente, G., J. Frame, and S. Orsi, (Eds), *Grass land and land use systems, Proceedings of 16th meeting of the European Grassland Federation*. 1: 269-274.
- 19- Ozier-Lafontaine, H., G. Vercambe, and R. Tournebize. 1997. Radiation and transpiration partitioning in a maize-sorghum intercrop: test and evaluation of two models. *Field Crops Research*. 49:127-145.
- 20- Sun, S. G., M. Jividen, W. H. Wessling, and M. L. Ervin. 1978. Cotton cultivar and boll maturity effect on aflatoxin production. *Crop Science*. 18:224-227.
- 21- Booth, B. D., S. D. Murphy, and C. J. Swanton. 2003. *Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems*. CAB International Publishing. 312 P.
- 22- Tsubo, M., and S. Walker. 2002. A model of radiation interception and use by a maize/bean intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*. 110:203-215.
- 23- Zhang, L., W. Van der Werf, L. Bastiaans, S. Zhang, B. Li, and J. H. J. Spiertz. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research*. 107: 29-42.