نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۵۶۶-۵۵۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 554-566

# 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[٤]

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 واریته 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- شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.- زنیان *Trachyspermum ammi* L.) همراه با تک کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی در کرتهای فرعی را شامل می شد. 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، 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 طوریکه 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 مقدار۳/۳۱ 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، شنبلیله، کنجد و زنیان با نهاده تغذیه ای آلی مشاهده شد.

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

## مقدمه

گیاهان در طی فصل رشد، فقط بخش کوچکی از منابع در دسترس را استفاده می‌کنند به طور مثال ابیت 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 ۳۶-۲۶ 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 موفولوژیکی نظیر ارتفاع (۶) و پویایی سطح برگ (۱۲ و

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

۱۶) در رقابت آنها بر سر منابع موثر بوده و می‌تواند منجر بـه کـاهش عملکرد هر یک اجزای گیاهی شـود. البتـه اغلـب، کـاهش عملکـرد گونه‌ها به اندازه‌ای چشمگیر نیست که عملکرد کـل چندکشـتی را در مقایسه با تک کشتی هر یک از اجزا کاهش دهد (۱۳).

اوزیر–لافونتاین و همکاران (۱۹) اظهار داشتند که تعیـین کـارایی کل استفاده از تشعشع چندکشتی و همچنین تعیین سهم هـر یـک از اجزا در جذب تشعشع، امری ضروری بوده و یکی از معیارهای ارزیابی چندکشتی است. کاویجلیا و همکاران (۱۰) در بررسی کشت متـوالی و تاخیری گندم (*Triticum aestivum* L.)– سویا و مقایسـه آن‌هـا بـا تک کشتی هر یک از اجزای چندکشتی اظهـار داشـتند کـه اخـتلاف اندکی بین کشت تاخیری و متوالی گندم– سویا از نظر کارایی استفاده از تشعشع وجود داشت.

جهانسوز و همکاران (۱۳) در بررسی اسـتفاده از تشعشـع در طـی فصل رشد در الگوهای تک کشتی و مخلوط گنـدم– نخـود (*Cicer arietinum* L.) به صورت طرح جایگزینی دریافتند که در تیمار بدون آبیاری، کشت مخلوط هیچ سودمندی در مقایسه با تک کشتی گنـدم براساس شاخص سطح سبز، کسر تشعشع فعال فتوسنتری جذب شده توسط پوشش گیاهی، ماده خشک و عملکرد دانه نداشت. عدم افزایش عملکرد کشت مخلوط با توسعه ضعیف پوشش گیاهی و توانایی تولیـد پایین نخود مرتبط بود که نتوانست کاهش جمعیت گندم در مخلوط را جبران کند. آبراهام و سینگ (۲) با اندازه گیری میـزان جـذب نـور در کشت خالص سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و مخلوط آن با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، ماش سبز (*Vigna radiata* L.)، بادام زمینـی (*Arachis hypogaea* L.) و سـویا دریافتنـد کـه جذب نور در تمامی مخلوطهای گیاهی بیشتر از تک کشـتی سـورگوم بود.

زنگ و همکاران (۲۳) جذب و مصـرف تشعشـع را در چندکشـتی تاخیری گندم و پنبـه (*Gossypium hirsutum* L.) بـا تغییـر تعـداد ردیفهای مربوط به هر یـک از اجـزا (۳:۱، ۳:۲، ۴:۲ و ۶:۲ بـه ترتیـب پنبه و گنـدم) بررسـی کردنـد و دریافتنـد کـه جـذب تشعشـع فعـال فتوسنتزی توسط گندم در الگوهای مخلوط مورد بررسی به ترتیب ۸۳، ۷۱، ۷۳ و ۷۵ درصد بیشـتر از تـک کشـتی گنـدم بـود. پنبـه نیـز در کشتهای مخلوط ذکر شده به ترتیب، ۷۳، ۹۳، ۸۶ و ۶۷ درصد بیشـتر از تـک کشـتی، تشعشـع فعـال فتوسـنتزی را جـذب کـرد. کـراز و سـینوکوئت (۱۱) اظهـار داشـتند کـه در کشـت مخلـوط *Arachis pintoi –Digitaria decumbens*، جـذب نـور توسـط *Digitaria decumbens* ۱۳ تا ۲۸ درصد کـاهش یافـت ولـی کشـت مخلـوط، تاثیری بر کارایی مصرف تشعشع دو گونه نداشت. کیامـانیوا و آمپوفـو (۱۴) با بررسی اثر کشت مخلوط درهم لوبیای چشم بلبلـی و ذرت بـر شـــدت نـــور در پوشـــش گیـــاهی و تـــراکم جمعیـــت تـریپس(Trybom) *Megalurothrips sjostedti* دریافتنـد کـه پوشش گیاهی مخلوط لوبیای چشم بلبلی– ذرت در مقایسـه بـا تـک 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 مختلـف در الگوهـای مخلـوط نیـز متفـاوت اسـت. نصـیری و الگرشـما (۱۷) در بررسـی میـزان جـذب نـور در مخلـوط شبدرسـفید (*Trifolium repens* L.) و چچـم (*Lolium perenne* L.)گزارش کردند که شبدر سفید (رقم رتور[1]) در مقایسه با ارقام دیگر، سطح برگ و سـطح مخصـوص بـرگ کمتـری داشـت و بنـابراین در مخلوطهای دارای این رقم، جذب نور کمتر بود. سان و همکاران (۲۰) نشان دادند که عملکرد کشت مخلوط واریته‌هـای غیـر مشـابه سـویا بیشتر از کشت خالص بـود و ایـن موضـوع ناشـی از پوشـش گیـاهی نامنظم (موجی) مخلوط بود که باعث جذب بهتر تشعشع گردید.

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر تنـوع گیـاهی بـر کـارایی مصرف نور طیف وسیعی از گیاهان شامل سـه واریتـه سـویا (سـویای زودرس– رقم ویلیامز، سـویای متوسـط رس– رقـم سـحر و سـویای دیـررس– رقـم گرگـان ۳، سـه گونـه ارزن (ارزن دم روبـاهی، ارزن معمولی و ارزن مرواریدی)، کنجد و گیاهان دارویی زنیان و شنبلیله بـا منابع تغذیه ای متفاوت بود.

## مواد و روش ها

این آزمایش در سالهای زراعـی ۱۳۸۵–۱۳۸۴ و ۱۳۸۶–۱۳۸۵ بـه صورت کرتهای خرد شده بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوع نهاده تغذیه ای (آلی و معدنی) در کرتهای اصـلی و الگوهای مختلف کشت در کرتهای فرعی قـرار گرفـت. نهـاده آلـی مورد استفاده، از نوع کود گوسفندی بـه میـزان ۲۰ تـن در هکتـار بـا مشخصات مندرج در جدول ۱ بـود و در تیمـار نهـاده معـدنی، معـادل عناصر پر مصرف موجـود در نهـاده آلـی شـامل نیتـروژن، فسـفر و پتاسیم، نهاده معـدنی (اوره، سوپرفسـفات تریپـل و سـولفات پتاسـیم) استفاده شد.

الگوهای کشت گیاهان زراعی نیز بر اساس انـواع تنـوع طراحـی شد:

تنوع گونه ای: کشت همزمان سه گونه ارزن شامل ارزن معمـولی (*Panicum miliaceum*)، دم روباهی (*Setaria italica*)و مرواریدی (*Pennisetum glaucum*)

تنوع ژنتیکی: کشت همزمان سه رقم سویا (*Glysin max*) شامل ویلیامز، سحر و گرگان۳

1- Retor

جدول ۱- مشخصات خاک و کود دامی محل آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸٤ و ۱۳۸٦-۱۳۸۵

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

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 آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر، کرت بندی مزرعه صورت گرفت وگیاهان 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 کرتهای فرعی در داخل هر کرت اصلی ۵۰ سانتیمتر و بین کرتهای اصلی در هر تکرار ۲ متر بود.

به منظور اندازه گیری ارتفاع، وزن خشک، سطح برگ و کارایی مصرف نور درگیاهان 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 لایه توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ[1] 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.

$$I_{abs} = I_0(1-\rho)(1-\exp^{(-\sum K_i LAI_i)}) \qquad (۱)$$

$I_{abs}$: 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

$\rho$: 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.

$$F_{abs_i} = \frac{K_i LAI_i}{\sum K_i LAI_i} \qquad (۲)$$

$$I_{abs_i} = I_{abs}.F_{abs} \qquad (۳)$$

$F_{abs_i}$: 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

1- Leaf area meter

شناسی استان خراسان رضوی، محاسبه شد.

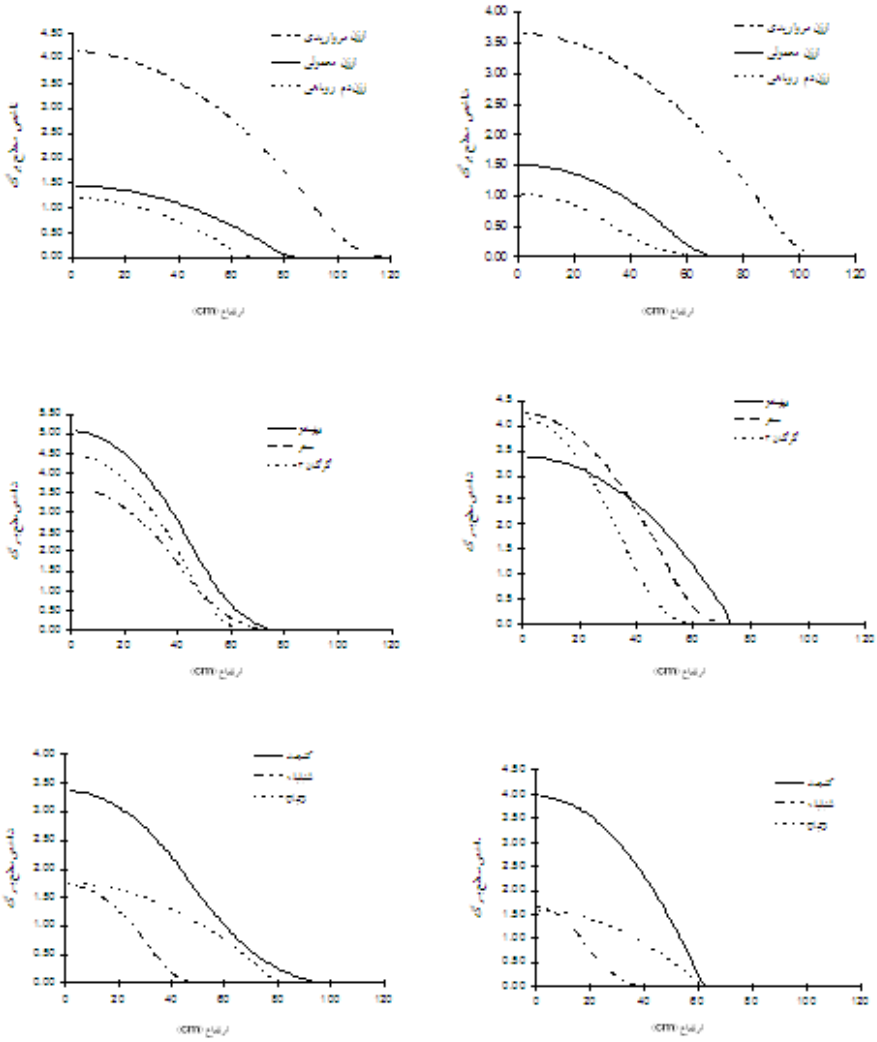
برای محاسبه کارایی مصرف نور از شیب خط رگرسیونی بین وزن خشک و مقدار تجمعی تشعشع جذب شده توسط پوشش گیاهی در طی فصل رشد استفاده شد.

آنالیز داده ها و ترسیم نمودارها با نرم افزارهای Minitab، Excel، Sigma plot و MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن صورت گرفت.

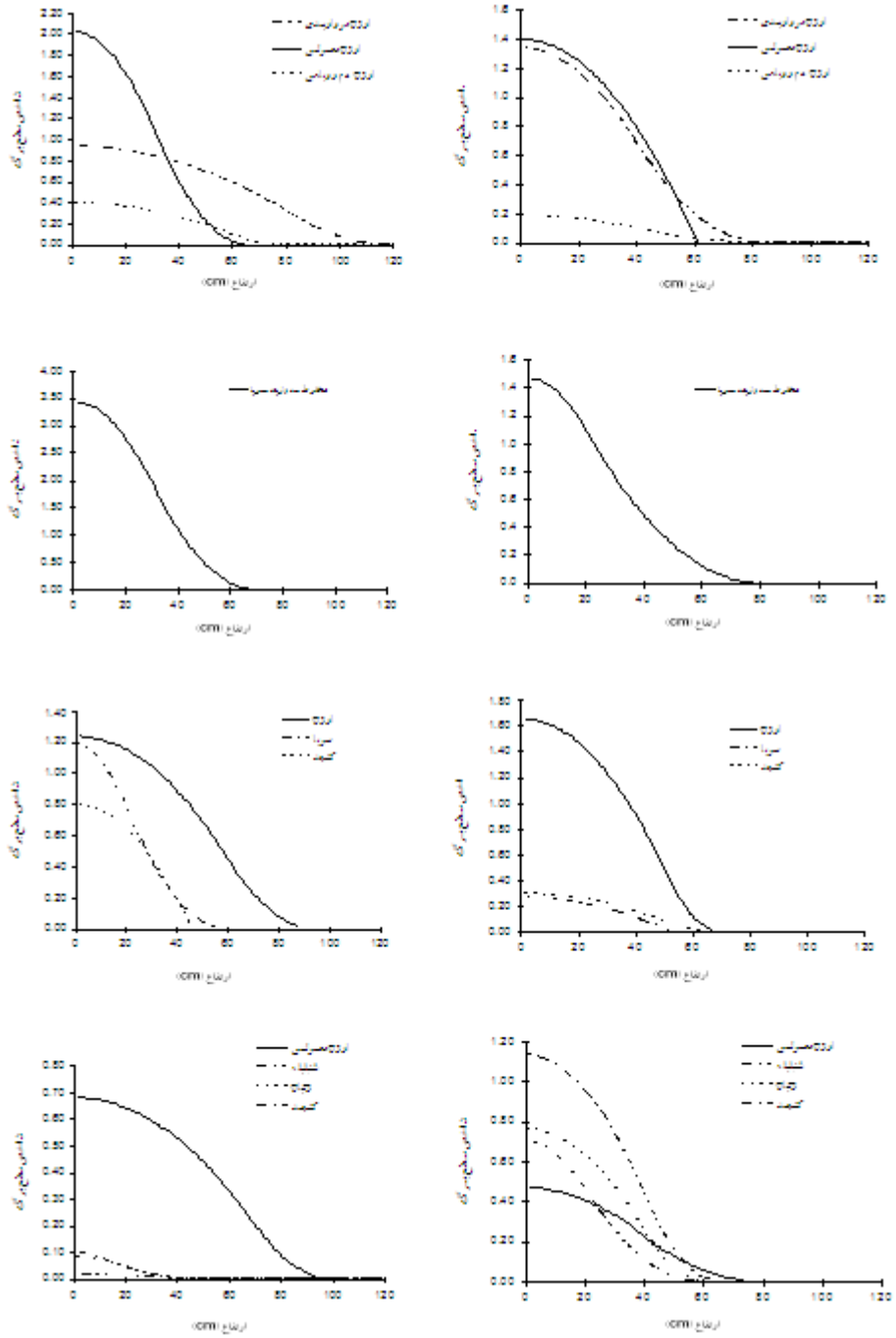
## نتایج و بحث

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

نتایج تحقیق نشان داد که تغییرات سطح برگ در لایه های 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 واریته 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.



**شکل۱- 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**



**شکل۲- تغییرات سطح برگ 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**

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 سطح برگ و عملکرد هر یک از اجزای گیاهی شود (۱۲ و ۱۶).

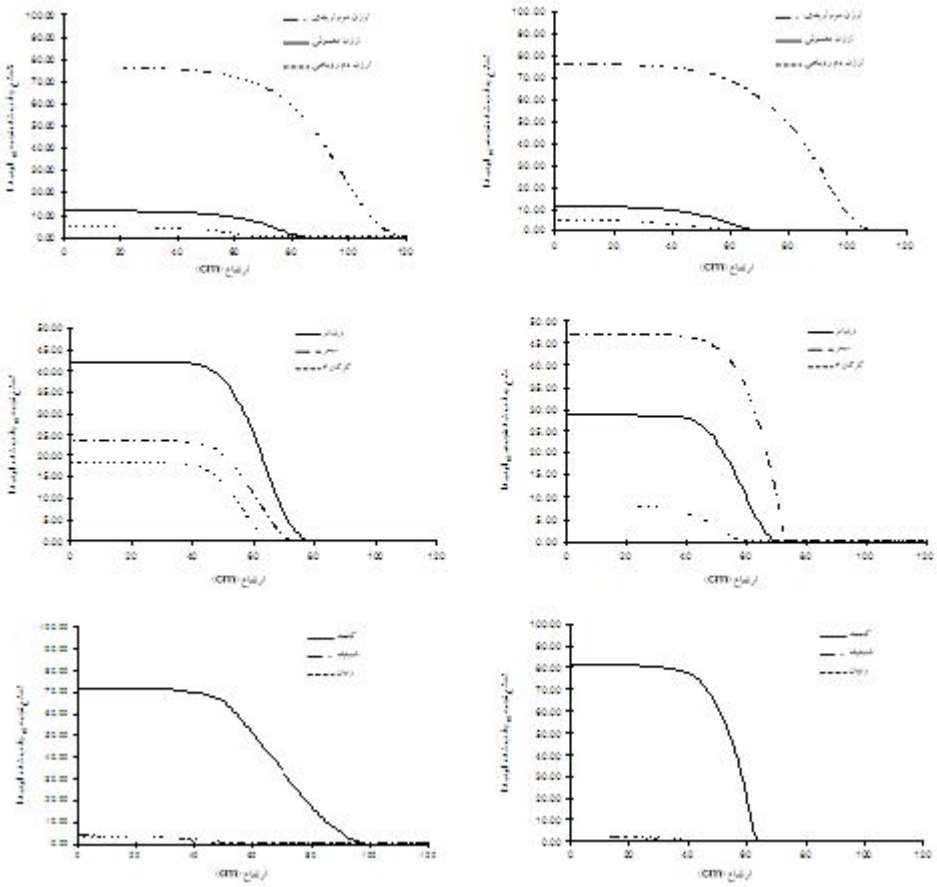
در کشت مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد، سطح برگ و ارتفاع گیاهان مختلف متفاوت بود. در تیمارهای نهاده تغذیه ای معدنی و آلی به ترتیب بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۱/۲۴ و ۱/۶۶ مربوط به ارزن معمولی بود (شکل۲). در نهاده تغذیه ای

معدنی، کنجد، 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 تغذیه‌ای 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.

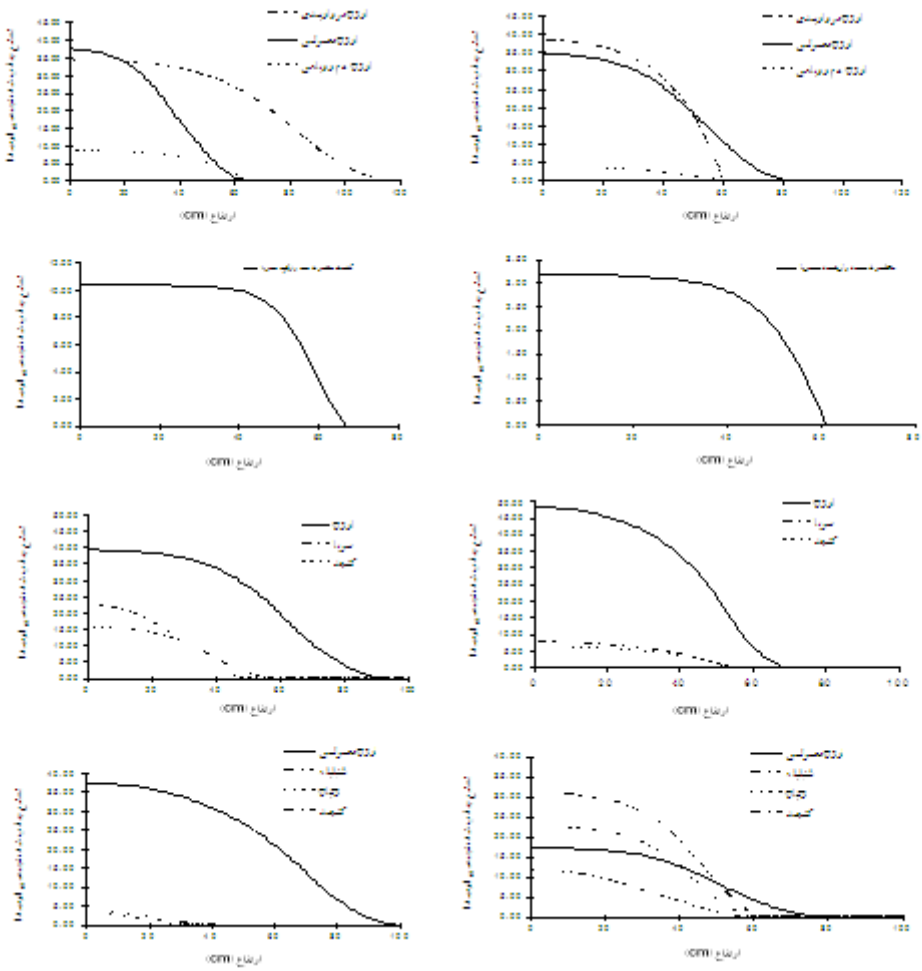
همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می شود در بین گیاهان موجود در مخلوط ۴ گونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان با نهاده تغذیه ای آلی، بیشترین ارتفاع گیاهی به ارزن و بیشترین سطح برگ به شنبلیله اختصاص داشت. با تغییر نوع منبع تغذیه ای، ارزن با مسیر فتوسنتزی چهار کربنه بهتر عمل کرده و گیاه غالب در پوشش گیاهی بود. بدیهی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



**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 ٤- 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**

در مقایسه تک کشتی سه واریته سویا از نظر جذب تشعشع، واریته ویلیامز که یکی از واریته های زودرس سویا است دارای بیشترین میزان جذب تشعشع در مقایسه با واریته های دیگر بود. در تیمار نهاده معدنی و آلی، میزان جدب تشعشع در تک کشتی سویا واریته ویلیامز، به ترتیب ۴۳ و ۴۷ درصد بدست آمد. همانگونه که قبلا ذکر شد، واریته 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، شنبلیله و زنیان، بیشترین ارتفاع گیاهی و جذب تشعشع در تیمار تک کشتی کنجد با نهاده آلی (۸۱ درصد با ارتفاع ۶۴ سانتیمتر) حاصل شد درصورتیکه میزان جدب 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 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 طوریکه 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

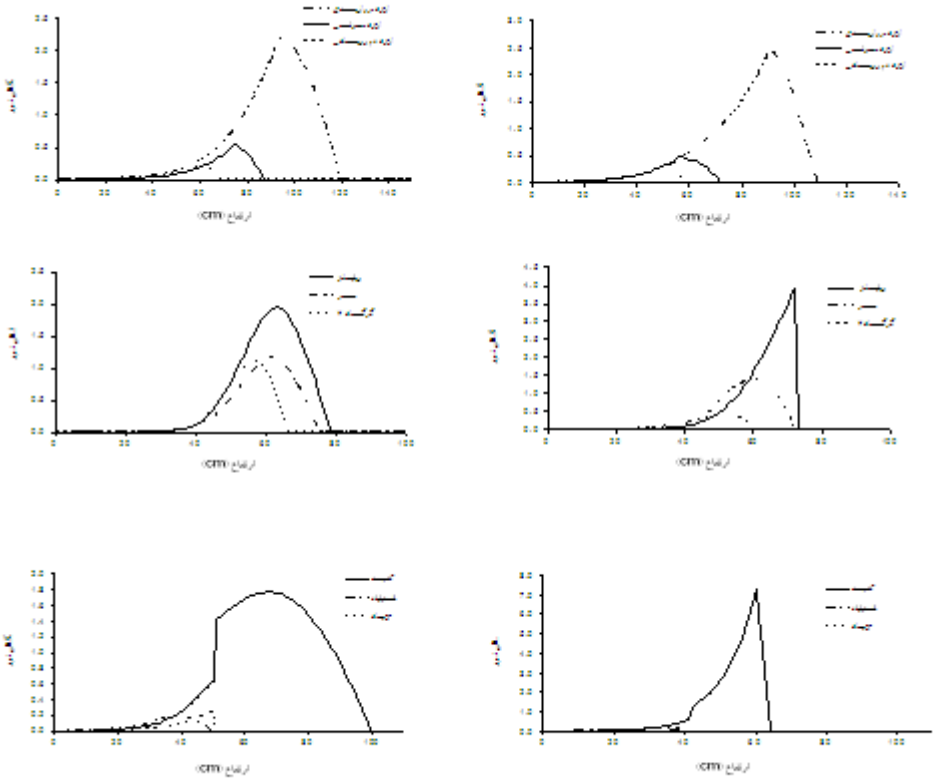
دیگر موجود در مخلوط است.

در کشت مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله، 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 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 می رسد 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 گونه های مجاور و سهم آنها در جذب منابع موجود را کاهش می دهند.

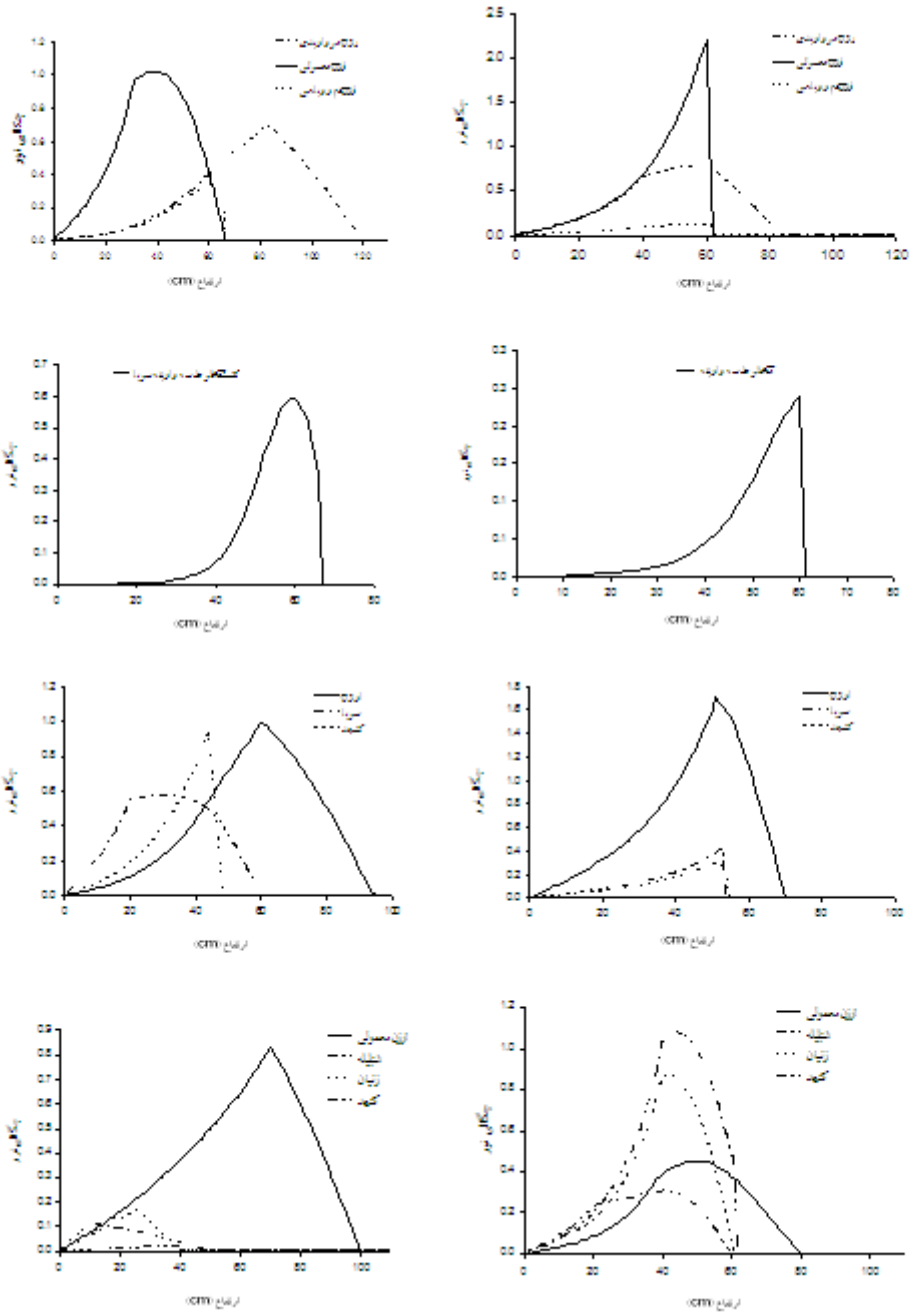
## چگالی نور در لایه های مختلف پوشش گیاهی در زمان گلدهی

چگالی نور، تعیین کننده میزان جذب نور در لایه ها و ارتفاع های مختلف پوشش گیاهی است. با تغییر ارتفاع و گونه گیاهی در پوشش‌های گیاهی تک کشتی سه گونه ارزن، چگالی نور نیز تغییر یافت، به طوریکه در بین تک کشتی گونه های 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 گونه های 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 (شکل۵).

در هر دو تیمار تغذیه ای، در بین واریته های 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 کشتی های مورد بررسی، شنبلیله و زنیان دارای حداکثر چگالی نور کمتری در مقایسه با دیگر گونه ها بودند (شکل ۵).



**شکل۵- تغییرات چگالی نور با تغییر ارتفاع در تک کشتی های مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ)**



**شکل٦- تغییرات چگالی نور با تغییر ارتفاع در کشت های مخلوط مختلف با نهاده تغذیه ای آلی (سمت راست) و نهاده تغذیه ای معدنی (سمت چپ)**

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 هم منطبق نبود و بیشترین چگالی سطح برگ و نور در هر یک از سه گونه ارزن در ارتفاع متفاوتی در مقایسه با گیاهان دیگرحاصل شد. این امر می تواند 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 لایه های مختلف پوشش گیاهی مشاهده نمی شود (شکل۶).

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 تقریبا یکسان بود. در تیمار نهاده تغذیه‌ای 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، شنبلیله و زنیان با نهاده تغذیه‌ای 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 داده و در نتیجه این گیاه قادر به جذب نور بیشتری خواهد بود (شکل۶).

بوث 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.

**جدول۲- تغییرات ضریب خاموشی نور در پوشش های گیاهی مختلف**

| | ضریب خاموشی نور (K) | انحراف معیار | ضریب همبستگی ($R^2$) |
|---|---|---|---|
| ارزن معمولی | ۰/۵۵۳ | ۰/۰۴۷ | ۰/۹۵ |
| ارزن مرواریدی | ۰/۶۰۷ | ۰/۰۵۱ | ۰/۹۶ |
| ارزن دم روباهی | ۰/۶۲۰ | ۰/۱۰۴ | ۰/۷۹ |
| سویا- رقم ویلیامز | ۰/۵۲۲ | ۰/۰۴۸ | ۰/۹۴ |
| سویا- رقم سحر | ۰/۵۰۱ | ۰/۰۹۰ | ۰/۸۲ |
| سویا- رقم گرگان ۳ | ۰/۴۶۷ | ۰/۰۵۰ | ۰/۹۶ |
| کنجد | ۰/۷۲۲ | ۰/۱۱۹ | ۰/۸۴ |
| شنبلیله | ۰/۷۴۳ | ۰/۱۲۴ | ۰/۷۹ |
| زنیان | ۰/۶۵۳ | ۰/۰۸۶ | ۰/۸۹ |

**جدول۳- 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 | a۳/۳۷ | bcd۲/۸۹ | gh۱/۹۳ | ab۳/۲۱ | fg۲/۲۱ | abc۳/۰۶ | h۱/۷۶ | cde۲/۷۶ | de۲/۶۱ | gh۱/۹۶ | ef۲/۴۸ | def۲/۵۴ | a۳/۳۱ |
| ضریب همبستگی | 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.

**جدول٤ - 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 | کود دامی | ۳/۳۴ bc | fg۲/۳۱ | ۲/۷۲ ef | ۳/۲۲ cde | ۲/۰۹ gh | ۲/۳۰ fg | j۱/۱۴ | ef۲/۷۰ | ۲/۵۶ fg | ij۱/۳۴ | ij۱/۶۰ | ۳/۲۹ cd | a۳/۸۸ |
| | کود شیمیایی | ۳/۴۰ abc | ۳/۴۶ abc | j۱/۱۳ | cde۳/۲ | fg۲/۳۲ | ۳/۸۲ ab | ۲/۳۸ fg | ۲/۸۲ def | f۲/۶۵ | ۲/۵۷ fg | ۳/۳۶ bc | hi۱/۷۸ | ۲/۷۵ ef |

*- 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.

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 طوریکه 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 مقدار۳/۳۱ 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 چندکشتی 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 براساس 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 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 مرواریدیpen ، ارزن دم روباهیset ، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان۳ soyg، کنجد se، شنبلیله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهیpps ، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان۳ sss، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیانpstt

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 دیگرمورد 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 (جدول۶).

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.

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

| | | تک کشتی | pps | pss | pstt |
|---|---|---|---|---|---|
| کارایی مصرف نور | ارزن معمولی | $^{a}$۳/۳۷ | $^{b}$۲/۴۴ | $^{a}$۳/۴۳ | $^{a}$۳/۳۴ |
| | ارزن مرواریدی | $^{a}$۲/۸۹ | $^{b}$۱/۵۹ | – | – |
| | ارزن دم روباهی | $^{b}$۱/۹۳ | $^{a}$۲/۹۹ | – | – |
| ضریب همبستگی | ارزن معمولی | ۰/۸۱ | ۰/۵۴ | ۰/۸۵ | ۰/۷۹ |
| | ارزن مرواریدی | ۰/۸۲ | ۰/۵۶ | – | – |
| | ارزن دم روباهی | ۰/۵۵ | ۰/۹۶ | – | – |

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

کشت مخلوط ارزن مرواریدی-معمولی-دم روباهیpps ، ارزن معمولی- سویا-کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلیله- زنیانpstt

**جدول ٦ - کارایی مصرف نور و ضرایب همبستگی کنجد، سویا، شنبلیله و زنیان در الگوهای کشت مختلف**

| | | تک کشتی | pss | pstt |
|---|---|---|---|---|
| کارایی مصرف نور | کنجد | [a]۱/۷۶ | [a]۲/۰۱ | [a]۲/۰۰ |
| | سویا | [a]۲/۲۱ | [b]۱/۹۱ | – |
| | شنبلیله | [a]۲/۷۶ | – | [a]۲/۶۱ |
| | زنیان | [a]۲/۶۱ | – | [a]۲/۷۴ |
| ضریب همبستگی | کنجد | ۰/۸۶ | ۰/۷۹ | ۰/۸۲ |
| | سویا | ۰/۶۳ | ۰/۶۲ | – |
| | شنبلیله | ۰/۵۳ | – | ۰/۷۴ |
| | زنیان | ۰/۸۹ | – | ۰/۶۳ |

*- 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- شنبلیله- زنیانpstt

## نتیجه گیری

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 مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، شنبلیله 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).

## 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 maiz/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.