



بررسی کارایی جذب و مصرف نور و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه (*Triticum aestivum*) و چغندرقد (*Beta vulgaris*)

علیرضا کوچکی^{۱*} - مهدی نصیری محلاتی^۲ - هادی زرقانی^۳ - علی نوروزیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۰۸

چکیده

به منظور ارزیابی کارایی مصرف نور، عملکرد و ماده خشک در کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه و چغندرقد، آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از چهار تیمار کشت مخلوط با نسبت‌های ۱:۳، ۲:۳، ۲:۴، ۲:۶ (چغندرقد: گندم) همراه با کشت خالص گونه‌ها. نتایج نشان داد در طی دوره رشد شاخص سطح برگ، میزان تشعشع عبور کرده از کانوپی، کارایی مصرف نور، میزان تولید ماده خشک و در نهایت عملکرد در واحد سطح تحت تأثیر کشت مخلوط تأخیری قرار گرفتند و بیش‌ترین عملکرد گندم و چغندرقد به ترتیب (۱۹۴۲ و ۲۰۶۳ گرم در مترمربع) در کشت ۲:۴ و کشت خالص چغندرقد مشاهده گردید و کارایی مصرف نور برای گندم و چغندرقد در کشت مخلوط ۲:۴ که بیش‌ترین مقدار بود به ترتیب (۱/۶۵ و ۲/۲۸) به دست آمد. بر اساس یافته‌های این تحقیق به نظر می‌رسد که استفاده از مخلوط‌های تأخیری راهکار مناسبی برای استفاده بهتر از منابع و افزایش عملکرد در مقایسه با کشت متوالی گونه‌های پاییزه و بهاره باشد.

واژه‌های کلیدی: جذب تشعشع، کارایی مصرف نور، عملکرد

مقدمه

گندم / پنبه (*Gossypium herbaceum*) (Zhang et al., 1996)، گندم / عدس (*Lens culinaris*) (Zhang et al., 2008 و 2007) و زیره سبز (*Cuminum cyminum*) (Jahani, 2008) عملکرد بالاتری نسبت به تک‌کشتی ثبت شده است. هم‌چنین کشت مخلوط نواری گندم / ذرت، که یک سیستم کشت معمول در شمال چین است باعث افزایش عملکرد به میزان ۴۰-۴۷ درصد می‌شود (Rajcan and Swanton, 2001).

کشت مخلوط تأخیری یا کشت توأم دو گونه در یک زمین به طوری که بخشی از دوره رشد آن‌ها برهم منطبق باشد، نوعی از زراعت‌های مخلوط است که با اهداف خاص در مناطقی از جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از رایج‌ترین انواع این نوع مخلوط، کشت تأخیری گیاهان زراعی زمستانه، برای مثال غلات، در پاییز و کاشت گونه‌های زراعی بهاره پیش از برداشت محصول پاییزه در بین نوارهای آن می‌باشد (Nasiri Mohalati et al., 2000). این نوع کشت در مناطقی از جهان از جمله هندوستان (Padhi et al., 1993) و چین (Zhang et al., 2007) در سطوح وسیع با موفقیت انجام شده و مزایای مختلفی را برای تولیدکنندگان به همراه دارد. مطالعات زیادی در مورد کشت‌های تأخیری انجام شده است که گندم به‌عنوان گیاه زمستانه و ذرت و سویا (*Glycine max*) (Li et al., 2001)، پنبه (Zhang et al., 2008)، نخود (Mandel et al., 1996) به‌عنوان

یکی از راهکارهای حرکت به سمت کشاورزی پایدار، به‌کارگیری مخلوطی از گیاهان گونه‌های مختلف، ارقام و یا ایزولاین‌های مختلف در زراعت می‌باشد (Mazaheri, 1996). اهداف متنوعی برای کشت مخلوط قابل ذکر است که عمده‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از استفاده بهتر از شرایط محیطی موجود و افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کیفیت و کمیت محصول، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی، ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم‌های زراعی و استفاده از فواید آن (Jahan, 2004). در بسیاری از سیستم‌های کشت مخلوط شامل ذرت (*Zea mays L.*) / لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) (Tsubo et al., Kochaki, 2000) و گندم (*Triticum aestivum L.*) / ذرت (*Zea mays L.*) (Li et al., 2001)، گندم / نخود (*Cicer arietinum*) (Mandel et al., 2001)

۱ و ۲- اساتید گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳ و ۴- دانشجویان دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: akooch@um.ac.ir)

(*- نویسنده مسئول)

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.51159

منطقه مورد توجه می‌باشد و همچنین کشت چغندر قند در بین کشاورزان این استان قدمت زیادی دارد. یکی از مشکلات کشت چغندر قند هم‌زمانی فاصله زمانی پُرشدن دانه‌های گندم تا برداشت آن با مراحل اولیه رشد چغندر قند می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی امکان کشت این دو محصول به صورت کشت مخلوط تأخیری و تأثیر آن بر عملکرد، ماده خشک و کارایی مصرف نور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و هشت دقیقه شمالی شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) اجرا شد. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک و از نقاط مختلف محل تحقیق نمونه برداری و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).

گیاه بهاره مطالعه شده است، که نتایج آن تأییدکننده‌ی اثرات مثبت کشت مخلوط تأخیری در استفاده از منابع می‌باشد، به طوری که بیوماس ذرت و سویا در کشت تأخیری با گندم به ترتیب ۴۵ و ۳۹ درصد نسبت به کشت خالص برتر بودند (Li et al., 2001). در مطالعه‌ی (Nasiri Mohalati et al., 2000) گزارش کردند که تشعشع جذب شده توسط کانوپی در کشت‌های مخلوط تأخیری به میزان قابل توجهی نسبت به کشت‌های خالص بهبود یافت و عملکرد مخلوط‌های تأخیری در مقایسه با کشت خالص ۲۷ تا ۳۱ درصد افزایش یافت که این افزایش ناشی از جذب بهتر نور بود. در الگوهای رایج کشت در ایران، تاریخ کاشت محصولات بهاره، معمولاً با زمان پُرشدن دانه در گونه‌های پاییزه منطبق است. هم‌زمانی دوره‌های حساس از نظر آبیاری در این گونه‌ها اغلب به دلیل محدودیت منابع آبی مشکلاتی را برای زارعین ایجاد می‌نماید به طوری که کشت محصول بهاره به ناچار تا برداشت گیاه پاییزه به تأخیر می‌افتد. بر این اساس به نظر می‌رسد که طراحی کشت‌های مخلوط تأخیری با ترکیب گونه‌های پاییزه/بهاره راه حل مناسبی بر این مشکل و افزایش بهره‌وری منابع می‌باشد. گندم در استان خراسان به عنوان یکی از مهم‌ترین کشت‌های آبی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in experiment

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس K (ppm)	فسفر قابل دسترس P (ppm)	نیترژن کل (%) Total N (%)	بافت Texture
7.47	2.1	320.1	4.5	0.16	Silty Loam سیلتی لوم

در کلیه تیمارهای خالص و مخلوط یکسان و معادل ۴۰۰ بذر بود. کود مورد نیاز گندم بر اساس آزمایش خاک به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن و ۹۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص محاسبه شد. تمامی کود فسفر و یک سوم از کود نیترژن هم زمان با کشت و مابقی نیترژن در طی دو نوبت به صورت سرک مصرف گردید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک بار تا پایان فصل رشد به شیوه نشتی انجام شد و سایر عملیات داشت به گونه‌ای انجام گرفت که گیاهان بدون هیچ گونه محدودیت، دوره رشد را کامل کنند.

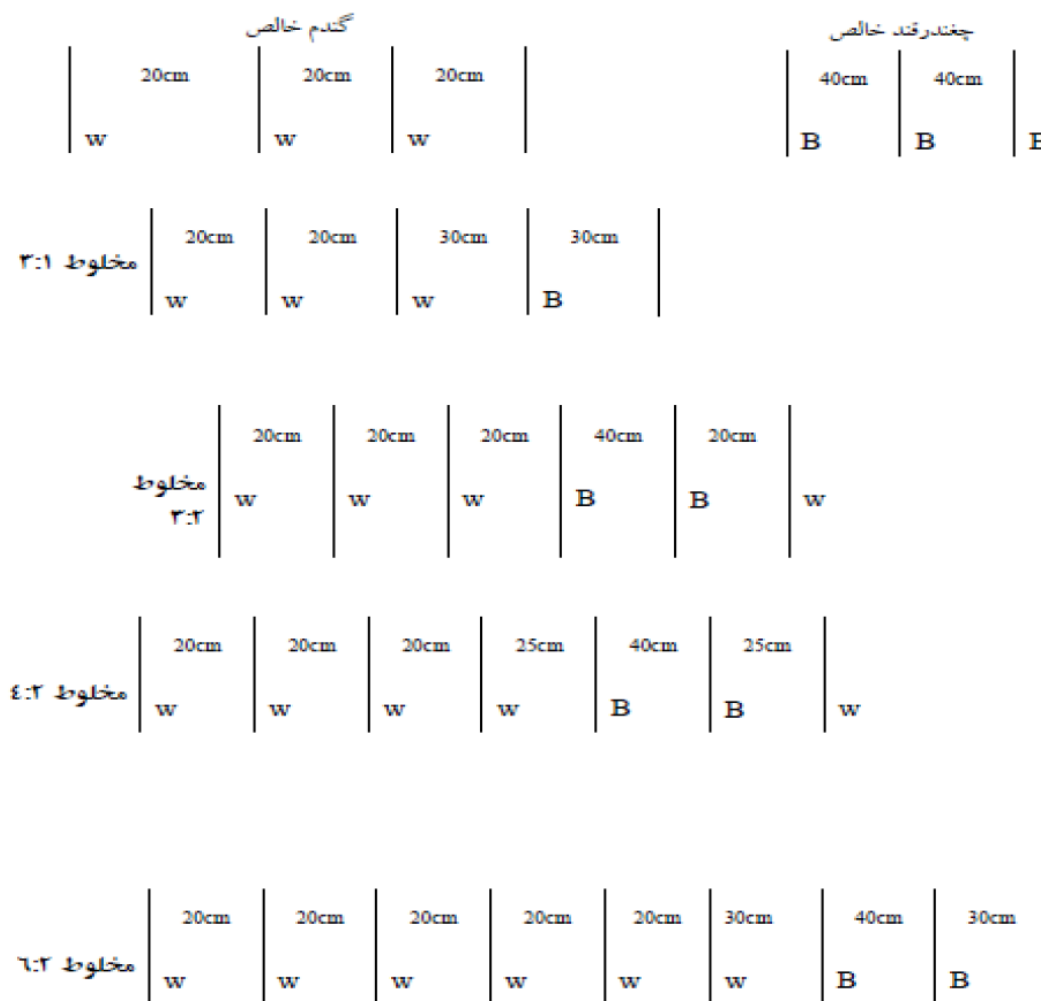
کشت چغندر قند در ۱۰ اردیبهشت سال ۱۳۹۰ انجام شد، بذور بر روی ردیف‌های آماده شده از قبل کشت گردید و بلافاصله بعد از کاشت، به منظور تسهیل در سبزشدن یکنواخت، آبیاری به صورت نشتی و توسط سیفون انجام گردید، و بعد از سبزشدن با فاصله ۲۰ سانتی متری تنک گردید. در زمان داشت و در طول دوره رشد

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و شش تیمار (شامل آرایش‌های مختلف کاشت: کشت خالص چغندر قند، کشت خالص گندم، مخلوط‌های تأخیری: یک ردیف چغندر قند و سه ردیف گندم (۳:۱)، دو ردیف چغندر قند و سه ردیف گندم (۳:۲)، دو ردیف چغندر قند و چهار ردیف گندم (۴:۲) و دو ردیف چغندر قند و شش ردیف گندم (۶:۲) به اجرا در آمد. عرض نوارهای گندم در مخلوط‌های ۳:۱ و ۳:۲ معادل ۴۰ و ۶۰ سانتی متر و در مخلوط‌های ۴:۲ و ۶:۲ به ترتیب ۸۵ و ۱۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. فضای بین نوارهای گندم برای کشت چغندر قند در مخلوط‌های ۳:۱، ۳:۲، ۴:۲ و ۶:۲ به ترتیب ۶۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ سانتی متر تنظیم گردید و ابعاد کرت‌ها ۳×۴ در نظر گرفته شد و کشت به صورت فاروپی انجام گرفت (شکل ۱).

کاشت گندم، رقم گاسکوژن، در تاریخ ۲۰ مهر ماه سال ۸۹ بر روی نوارهای مربوط به این گیاه بنحوی انجام گردید که تراکم کاشت

آبیاری شدند. پس از برداشت گندم توزیع کود سرک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و سایر عملیات داشت بر روی بوته چغندر قند انجام گرفت و در نهایت، محصول چغندر قند در تاریخ ۲۵ آبان ماه ۹۰ برداشت شد.

هیچ نوع آفت کشی استفاده نشد. بعد از استقرار کامل گیاهان، علف‌های هرز زمین به روش دستی در سه نوبت وجین شد. ردیف‌های گندم در کلیه تیمارهای آزمایشی در تاریخ پنجم تیرماه سال ۹۰ برداشت شدند. ردیف‌های چغندر قند در کلیه تیمارها بعد از آخرین آبیاری گندم تا زمان برداشت این محصول هر هفت‌روز



شکل ۱- نحوه قرارگیری و فاصله بین ردیف‌ها در کشت خالص و مخلوط تأخیری گندم (W) و چغندر قند (B)

Figure 1- placement of and distance between the rows of sole cropping and delay mixed of wheat (W) and sugar beet (B)

گندم در یک کادر ۵/۰ متر مربعی از تمامی تیمارهای آزمایش برداشت و پس از تعیین مساحت برگ‌ها به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، وزن مواد برداشت شده بعد از خشک کردن آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد.

عملیات اندازه‌گیری میزان جذب و محاسبه کارایی مصرف نور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ و میزان ماده خشک قسمت‌های هوایی گندم از نیمه اسفندماه سال ۸۹ آغاز و تا ۲۰ روز قبل از برداشت هر دو هفته در هشت نوبت انجام شد. در هر نمونه‌گیری بوته‌های

EXCEL و MSTAT-C انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

رشد سطح برگ

بالاترین مقدار شاخص سطح برگ گندم (۳/۹) و چغندر قند (۳/۴) به ترتیب در کشت مخلوط ۴:۲ و کشت خالص چغندر قند مشاهده شد. شاخص سطح برگ (LAI) گندم در تیمار مخلوط تأخیری ۴:۲ نسبت به کشت‌های تأخیری دیگر بیش‌تر بود، ولی با کشت خالص تفاوت زیادی نداشت (شکل ۱).

در کلیه تیمارهای آزمایشی حداکثر شاخص سطح برگ گندم در اواخر اردیبهشت و برای چغندر قند در اوایل مردادماه ظاهر شد که این مقدار در کشت خالص، برای گندم ۸۵ روز پس از شروع فصل رشد (۳/۸۵) و ۶۰ روز پس از سبز شدن چغندر قند (۳/۶۶) به دست آمد. این شاخص با گذشت زمان در انتهای فصل رشد کاهش یافت و الگوی آن به صورت سیگموتیدی مشاهده شد (شکل ۱). کم‌ترین میزان میانگین شاخص سطح برگ گندم و چغندر قند در تیمار ۳:۱ به ترتیب با ۱/۸ و ۲/۲۱ به دست آمد.

Jaggard, and Clark, 2000 نیز اظهار داشتند که منحنی رشد برگ چغندر قند به صورت لگاریتمی است که در اواسط فصل رشد به حداکثر خود می‌رسد و سپس با از بین رفتن برگ‌های پیر و جایگزینی آن‌ها توسط برگ‌های کوچک کاهش می‌یابد.

Kochaki *et al*, 2009 گزارش کردند که روند تغییرات سطح برگ چغندر قند پس از کاهش نسبتاً شدید در اواخر مردادماه از (۳/۵) به (۲/۹۶)، در طول شهریورماه نسبتاً ثابت ماند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

در کشت‌های مخلوط تأخیری شروع رشد سطح برگ چغندر قند با حداکثر LAI گندم انطباق داشت. بنابراین رشد اولیه گیاهچه‌های چغندر قند هم‌زمان با حداکثر کانوپی گندم ($LAI > 3$) صورت گرفت. مدت‌زمان رشد توأم دو گونه در کلیه مخلوط‌ها بین ۴۵ تا ۵۰ روز بود، بنابراین بوته‌های چغندر قند پس از طی این دوره که برداشت گندم انجام گرفت، از سایه‌اندازی کانوپی گندم خارج شدند. البته در طی این دوره نیز کاهش تدریجی شاخص سطح برگ گندم، باعث تقلیل فشار رقابتی این گونه بر چغندر قند شد (شکل ۲).

این نتایج نشان می‌دهد که دوره رشد کُند گیاهچه‌های چغندر قند در اوایل فصل رشد در کشت خالص، به علت پایین بودن LAI بخش عمده‌ای از تشعشعات ورودی جذب نمی‌شود (Rinaldi and Vonella, 2006)، ولی در تیمارهای کشت مخلوط، افزایش LAI موجب افزایش جذب تشعشعات خورشید می‌گردد.

تشعشع جذب شده

در گیاه چغندر قند ۱۵ روز بعد از سبز شدن هر دو هفته وزن تر و خشک اندام هوایی و زمینی شامل پهنک برگ، دم‌برگ، شاخص سطح برگ، طوقه و ریشه در سطح ۰/۵ مترمربع اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد ماده خشک از اندام‌های مختلف شامل ریشه، برگ و دم‌برگ ۱۰۰ گرم از هر قسمت، به طور جداگانه به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

ابتدا برآورد مقادیر LAI روزانه از طریق برآزش معادله (۱) به دست آمد.

$$y = \frac{a + b \times e^{-\frac{(x-c)}{d}}}{(1 + e^{-\frac{(x-c)}{d}})^a} \quad (1)$$

که در این معادله a: عرض از مبدا، b: حداکثر LAI، c: زمان رسیدن به حداکثر LAI و d: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ از مرحله خطی وارد مرحله نمایی می‌شود.

میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی مشهد به روش ارائه شده توسط Goudriaan and Monteith, 1990 با احتساب ساعات آفتابی هر روز (استخراج شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز اقلیم‌شناسی مشهد) برآورد گردید و ۵۰ درصد آن به عنوان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در نظر گرفته شد، سپس میزان تشعشع روزانه جذب شده برای هر دو گونه بر اساس معادلات ۲ تا ۵ محاسبه شد (Rinaldi and Vonella, 2006):

$$I_{abs} = I_0 (1 - e^{(-K_m \cdot LAI_m)} + (-K_b \cdot LAI_b)) \quad (2)$$

$$I_m = \frac{I_{abs} \cdot (-K_m \cdot LAI_m)}{(-K_m \cdot LAI_m) + (-K_b \cdot LAI_b)} \quad (3)$$

$$I_b = I_{abs} - I_m \quad (4)$$

نور جذب شده توسط کانوپی در کشت خالص از معادله (۵) محاسبه می‌شود.

$$I_{abc} = I_0 (1 - e^{-K \cdot LAI_t}) \quad (5)$$

I_0 میزان تشعشع در بالای کانوپی؛ I_{abs} ، نور جذب شده توسط کانوپی مخلوط؛ I_m ، نور جذب شده توسط گیاه گندم؛ I_b ، نور جذب شده توسط گیاه چغندر قند؛ LAI_m و LAI_b به ترتیب شاخص سطح برگ گندم و چغندر قند و در کشت خالص، LAI_t شاخص سطح برگ روزانه و K_m و K_b ، به ترتیب ضریب خاموشی نور گندم (۰/۷) و چغندر قند (۰/۵۶) می‌باشد.

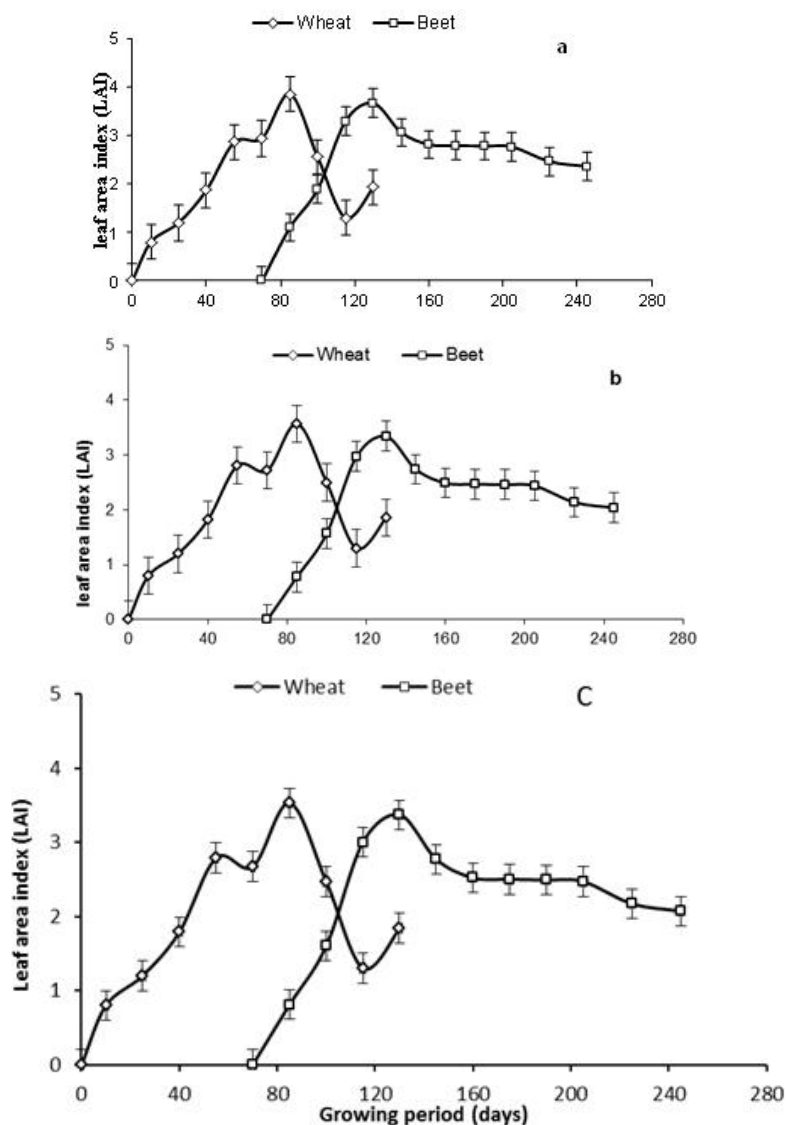
با به دست آوردن میزان نور جذب شده توسط هر گیاه و رسم معادله رگرسیونی ساده بین نور جذب شده و ماده خشک، کارایی مصرف نور (که شیب این معادله می‌باشد) به دست آمد.

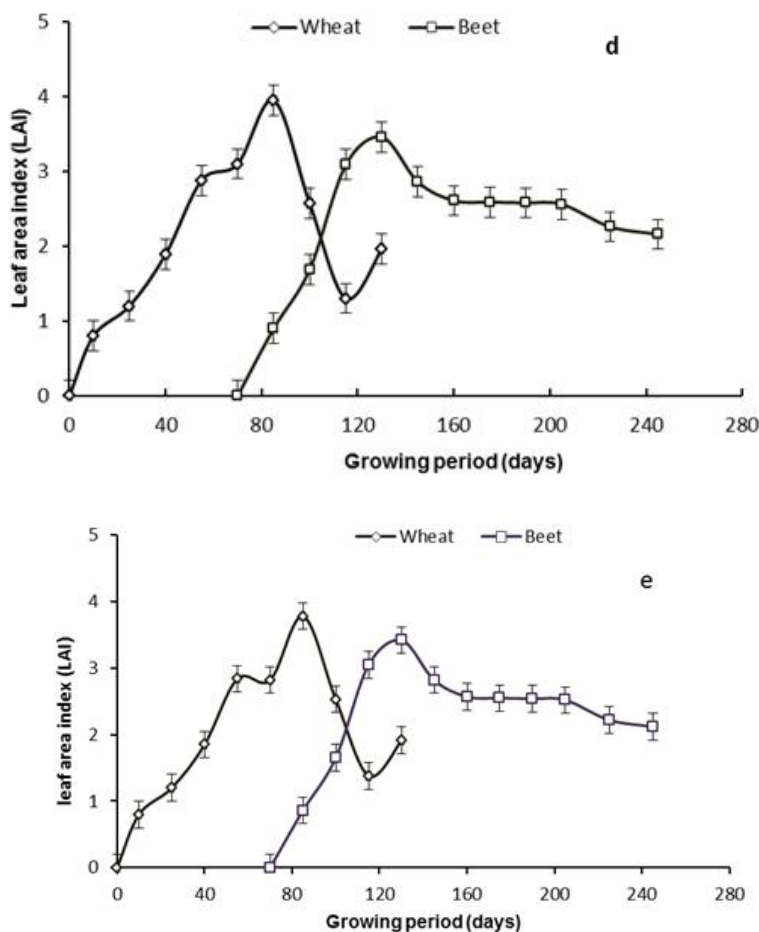
برداشت نهایی گندم پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از سطح ۲ مترمربع به وسیله دست انجام گرفت و عملکرد کل، دانه و کاه تعیین گردید. برای برداشت نهایی چغندر قند نیز سطح ۲ مترمربع ریشه و برگ‌های آن برداشت گردید و در آون به صورتی که شرح داده شد خشک گردید. محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزارهای

مقایسه میزان تشعشع جذب شده روزانه در تیمارهای مختلف با کل تشعشع ورودی نشان داد که کانوپی مخلوط با بهبود شرایط منجر به جذب مطلوب‌تر تشعشع ورودی به میزان ۱۲۰ مگاژول در مترمربع (شکل ۲) در طول فصل رشد توسط گونه‌ها شده است. چنین به نظر می‌رسد که خلاء سطح جذب‌کننده نور که در کشت متوالی دو گونه در فاصله زمانی بین برداشت گندم و دوره کند رشد گیاهچه‌های چغندرقد ایجاد می‌شود، به نحو مطلوبی توسط کانوپی مخلوط بسته شده است که این امر بهبود تشعشع جذب شده را به دنبال داشته است.

در شکل ۲ نور و تشعشع فعال فتوسنتزی بالای کانوپی، کل PAR جذب شده توسط دو گونه و PAR تجمعی جذب شده توسط کانوپی گندم و چغندرقد در کشت‌های خالص و مخلوط ارائه شده است.

تغییرات زمانی جذب نور برای هر دو گونه گندم و چغندرقد در تمامی تیمارها از روند تغییرات شاخص سطح برگ تبعیت داشت. در کشت‌های مخلوط مجموع نور جذب شده توسط گندم و چغندرقد در دوره هم‌زمانی رشد، یعنی فاصله زمانی سبز شدن چغندرقد تا برداشت گندم، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر از کشت خالص بود. هم‌چنین





شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) گندم و چغندر قند در کشت خالص (a) و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر قند و گندم

خطوط عمودی انحراف معیار نقاط اندازه‌گیری می‌باشد. شروع فصل رشد برای گندم اول اسفندماه و برای چغندر قند ۷۰ روز پس از شروع فصل رشد گندم، ۱۰ اردیبهشت‌ماه است.

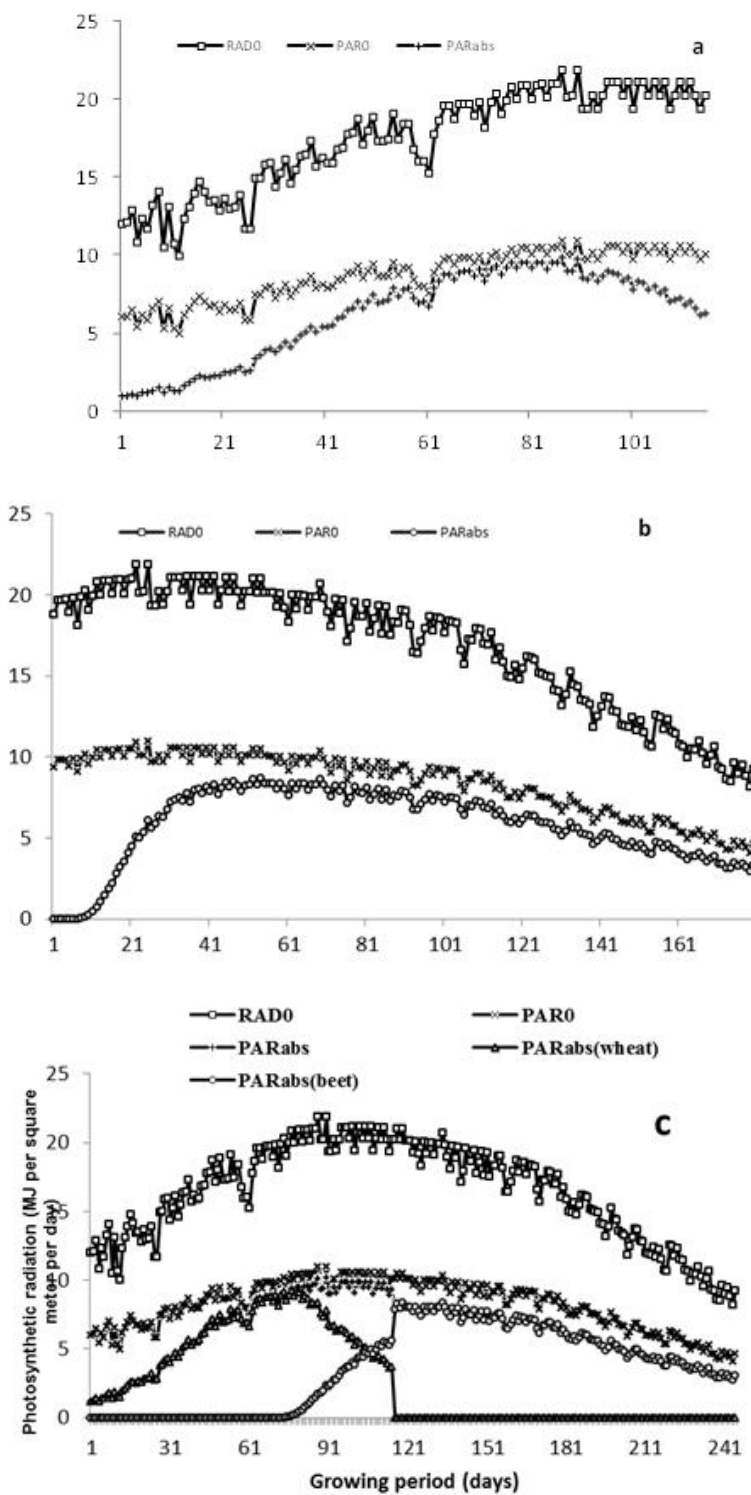
Figure 2- The trends of leaf area index (LAI) wheat and sugar beet pure cultures (a) mixture Delayed 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet and wheat

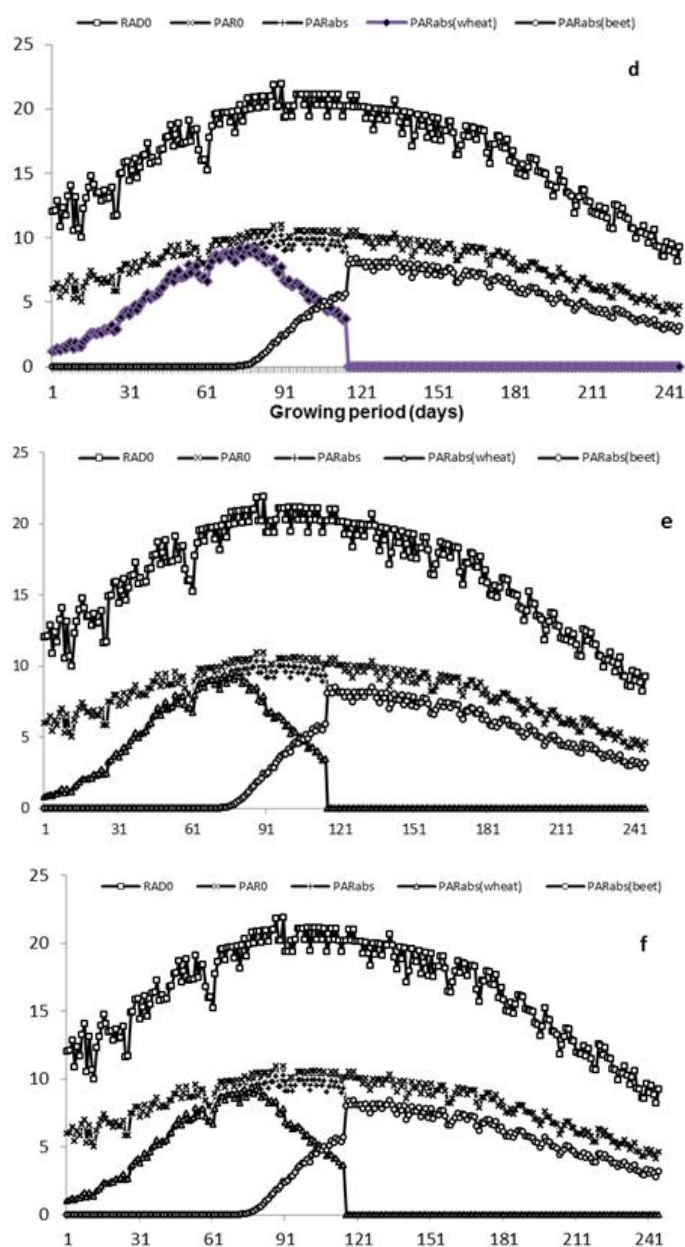
Standard deviation of measurement points are vertical lines. first start of the growing season for wheat and sugar beet February, 70 days after the start of the growing season for wheat, 10 is May.

زیاد بود، ولی رشد آهسته برگ‌های جوان و بازبودن کانوپی، عامل محدودکننده‌ای در جذب نور بوده است. در کشت‌های متوالی علاوه بر این که نمی‌تواند از این مقدار تشعشع ورودی استفاده کند در ۴۰ روز بعد از برداشت و ابتدای کشت نیز چغندر قند در مرحله گیاهچه بوده و نمی‌تواند به‌خوبی جذب نماید. Milford *et al*, 1988 نیز بر عامل محدودکننده جذب نور در ابتدای رشد تأکید کردند. Scott, and Jaggard, 2000 نیز اظهار داشتند که در طی دهه‌های گذشته میزان نور جذب شده توسط کانوپی، مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد چغندر قند در انگلستان بوده است.

بدین ترتیب مشخص است که در کشت متوالی، دوره زمانی حداکثر شدن تشعشع روزانه خورشیدی با مرحله گیاهچه‌ای چغندر قند منطبق بوده است؛ در حالی که در کشت‌های مخلوط تأخیری در طی این دوره میزان بیش‌تری از تشعشع ورودی را جذب کرده‌اند و گیاه در خردادماه و مردادماه در حداکثر LAI و حداکثر زمان تشعشع ورودی می‌باشد که سبب می‌گردد روند افزایش ماده خشک نسبت به کشت متوالی سرعت گیرد.

بررسی روند تغییرات کل تشعشع رسیده به سطح زمین و میزان تشعشع جذب شده توسط کانوپی چغندر قند نشان داد که در ابتدای رشد میزان کل تشعشع ورودی، ۱۰۱۳ مگاژول بر مترمربع (شکل ۲)





شکل ۲- RAD0: تشعشع بالای کانویی، PAR0 تشعشع فعال فتوسنتزی بالای کانویی، PARabs تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده کل توسط دو گیاه و تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی جذب شده توسط کانویی چغندر قند (a) و چغندر قند (b) در کشت خالص هر گونه و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (c)، ۳:۲ (d)، ۴:۲ (e) و ۶:۲ (f) چغندر قند و گندم. شروع فصل رشد برای گندم اول اسفندماه و برای چغندر قند ۷۰ روز پس از شروع فصل رشد گندم، ۱۰ اردیبهشت ماه است.

Figure 2- RAD0: radiation above the canopy, PAR0 photosynthetically active radiation above the canopy, PARabs of photosynthetically active radiation absorbed by the plant and PARabs (wheat) cumulative photosynthetically active radiation absorbed by wheat canopy, PARabs (Sugar beet) cumulative photosynthetically active radiation absorbed by the canopy of sugar beet, wheat (a) and sugar beet (b) mixture pure cultures any delay 3: 1 (c), 3: 2 (d), 4: 2 (e) and 6: 2 (f) sugar beet and wheat. Start growing season for wheat and sugar beet March first 70 days after the start of the growing season of plants, 10 of May.

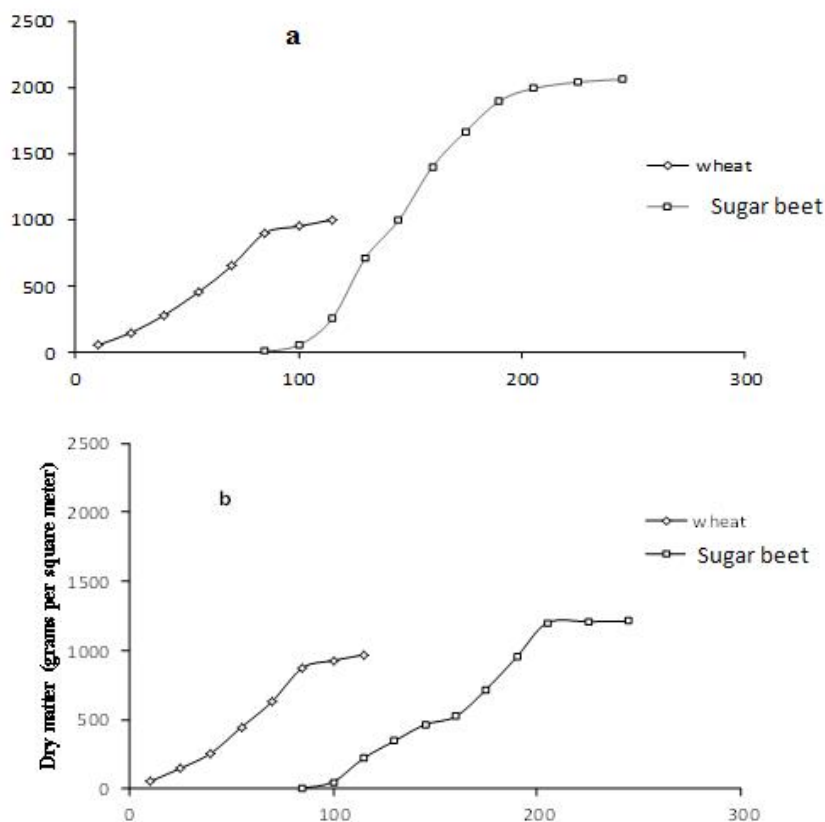
بین مخلوط ها نیز متفاوت بود. کمترین میزان تولید ماده خشک با ۲۱۸۳ گرم در مترمربع برای کشت مخلوط سه ردیف گندم: یک ردیف چغندرقتند و در تیمار مخلوط دو ردیف چغندرقتند و چهار ردیف گندم بیشترین میزان ماده خشک (۲۹۹۷ گرم در مترمربع) به دست آمد (شکل ۳، جدول ۲).

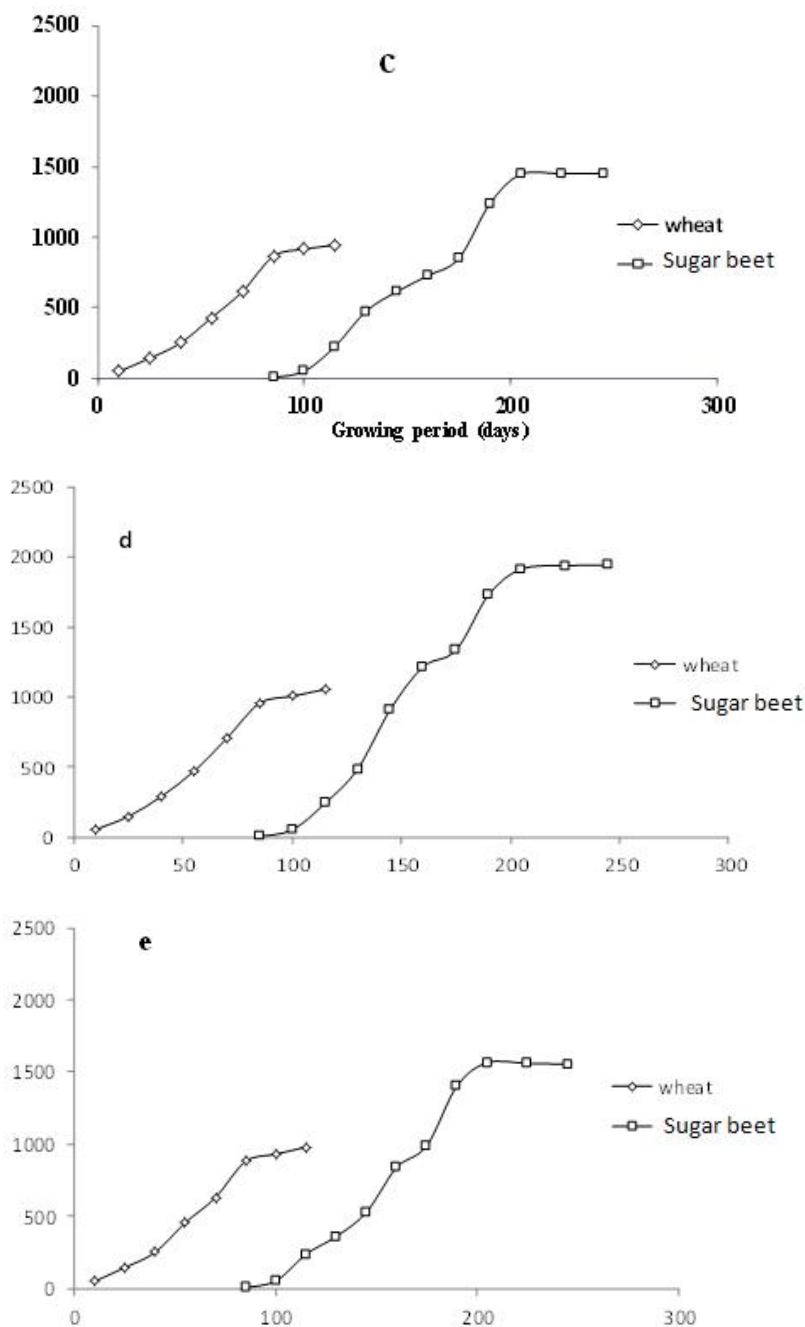
فاصله زمانی بین شروع رشد گیاهچه تا مرحله رشد خطی تولید یعنی دوره‌ای که به دلیل پایین بودن مقدار نور، تولید توسط کانوبی به طور کامل انجام نمی‌شود به "زمان از دست‌رفته" موسوم است (Goudriaan, Monteith, 1990) و طولانی‌شدن این دوره باعث اتلاف منابع به‌ویژه تشعشع خورشیدی و آب خواهد شد (Li et al., 2001). نتایج این تحقیق نشان داد که این دوره از رشد چغندرقتند در حدود ۳۰ تا ۴۰ روز ادامه داشته است (شکل ۳). با این‌وجود از آنجا که در کشت‌های مخلوط تأخیری در مقایسه با کشت خالص، دوره کند رشد گیاهچه‌های چغندرقتند در طی دوره پرشدن دانه‌های گندم سپری شده و در نتیجه رشد خطی چغندرقتند بلافاصله بعد از برداشت گندم رخ داده است.

نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که افزایش میزان تشعشع جذب شده و به تبع آن بهبود سرعت رشد گیاه هنگامی اتفاق می‌افتد که کانوبی گیاهی بسته شده و مرحله خطی رشد برگ شروع شده باشد. در این نوع کشت تأخیری سرعت رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ برای چغندرقتند نسبت به کشت متوالی خیلی بیشتر است، زیرا در زمان برداشت گندم میانگین شاخص سطح برگ حدود ۱/۱ (شکل ۲) می‌باشد و پس از برداشت گندم شاخص سطح برگ به شدت افزایش می‌یابد و این عامل می‌تواند یکی از دلایل افزایش میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی باشد.

میزان تولید ماده خشک

با وجودی که تولید ماده خشک گندم و چغندرقتند در کشت‌های مخلوط و خالص روند مشابهی داشت؛ ولی همان‌طور که انتظار می‌رفت میزان کل ماده خشک تولید شده چغندرقتند در کشت خالص ۷۰ درصد نسبت به کشت مخلوط ۳:۱ برتری داشت و عملکرد گندم در کشت مخلوط ۴:۲ نسبت به کشت مخلوط ۳:۲، ۱۱ درصد برتری داشت. به‌علاوه میزان کل ماده خشک تولیدی چغندرقتند و گندم در





شکل ۳- روند تغییرات میزان ماده خشک تولید شده گندم و چغندر قند در شرایط کشت خالص (a) و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر قند: گندم

شروع فصل رشد برای گندم اول اسفندماه و برای چغندر قند ۷۰ روز پس از شروع فصل رشد گندم، ۱۰ اردیبهشت ماه است.

Figure 3- in changes of dry matter, sugar beet and wheat in monoculture (a) delay mixture 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet: wheat

First start of the growing season for wheat and sugar beet February, 70 days after the start of the growing season for wheat, 10 is May.

مصرف نور چغندر قند را برابر ۱/۸ گرم بر مگاژول برآورد نمودند. با این وجود، برخی محققان (Lecoeur, و Kemanian *et al.*, 2004) و (Ney, 2003) معتقدند کارایی مصرف نور ثابت نبوده و طی فصل رشد گیاه تغییر می‌کند.

دامنه کارایی مصرف نور گندم در تیمارهای مختلف بین ۱/۴۴ و ۱/۶۵ گرم بر مگاژول قرار داشت و در این میان کم‌ترین مقدار برای مخلوط تأخیری سه ردیف گندم و یک ردیف چغندر قند تا حدودی کمتر از سایر تیمارها بود. مقادیر گزارش شده برای کارایی مصرف نور گندم در مطالعات مختلف بسته به شرایط آزمایش متفاوت می‌باشد. برای مثال Olesen *et al.*, 2002 و O'Connell *et al.*, 2004 کارایی مصرف نور گندم را در آزمایشات مختلف بین ۱/۸ تا ۴/۲ گرم بر مگاژول و با میانگین ۲/۷ گرم بر مگاژول گزارش نمودند. Zhang *et al.*, 2008 کارایی مصرف نور گندم را در کشت خالص و مخلوط تأخیری با پنبه در محدوده ۱/۹۴ تا ۲/۲۹ مگاژول بر مترمربع گزارش کردند. این مقادیر نسبت به کارایی مصرف نور گندم در این آزمایش بیشتر است. البته Jahansooz *et al.*, 2007 کارایی مصرف نور گندم را در کشت خالص و در شرایط کشت مخلوط با نخود به ترتیب ۱/۴۳ و ۱/۵۹ گرم بر مگاژول محاسبه کردند.

مقدار عددی کارایی مصرف نور ممکن است تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و مدیریت زراعی تغییر کند، بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که سرعت ظهور، رشد و نهایتاً پیری اندام‌های گیاهی برگ و ریشه و همچنین متغیرهای اقلیمی مؤثر بر ظرفیت فتوسنتزی گیاه مقدار عددی کارایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Lecoeur and Ney, 2003).

لذا چنین به نظر می‌رسد که طی شدن دوره رشد نمایی چغندر قند (زمان از دست رفته) در سایه‌انداز گندم به نوبه خود مزیتی برای کشت مخلوط این دو گونه محسوب شود که این امر افزایش نور جذب شده را در شرایط مخلوط در مقایسه با خالص به دنبال داشته است. برتری الگوهای مختلف کشت مخلوط از نظر استفاده بهتر از منابع، توسط بسیاری از محققین به تأیید رسیده است. برای مثال مطالعات انجام شده در مورد مخلوط تأخیری گندم/پنبه که در بخش وسیعی از مزارع کشور چین رایج می‌باشد، نشان داده است که تولید بیشتر ماده خشک در شرایط مخلوط ناشی از جذب بهتر نیتروژن و نور بوده است (Zhang *et al.*, 2008) که در نتیجه بهبود عملکرد را به دنبال داشته است. نتایج این مطالعه نیز مؤید آن است که در مخلوط‌های تأخیری در صورت انطباق مناسب مراحل رشدی گونه‌های همراه، کارایی مصرف و بهره‌وری نور بهبود می‌یابد که این امر موجب افزایش عملکرد می‌شود.

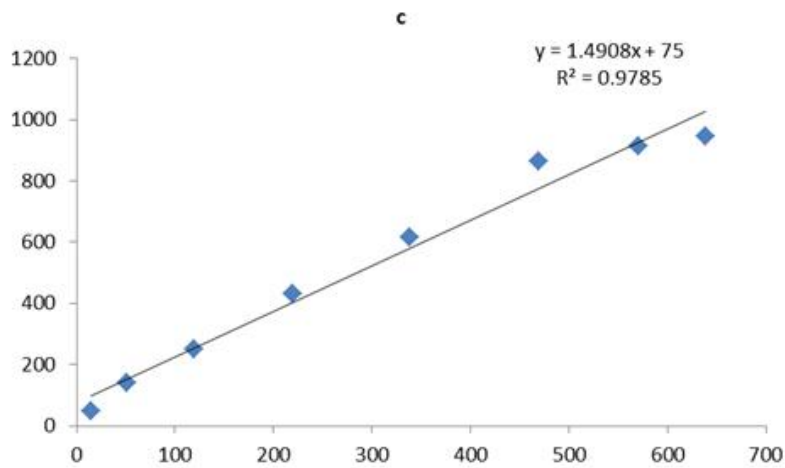
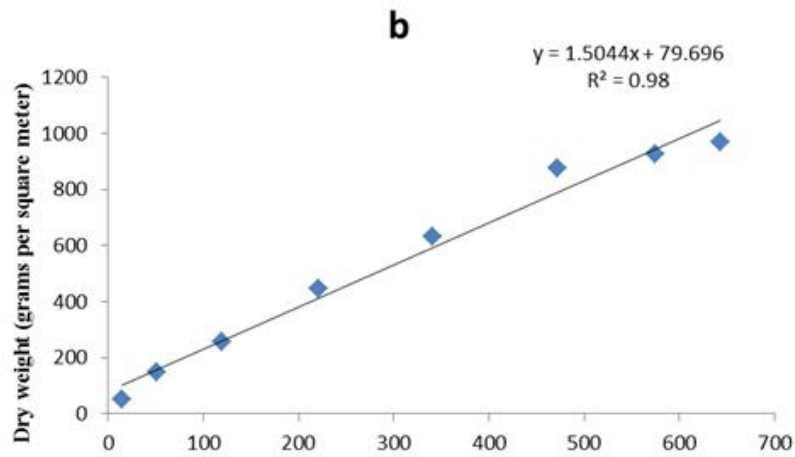
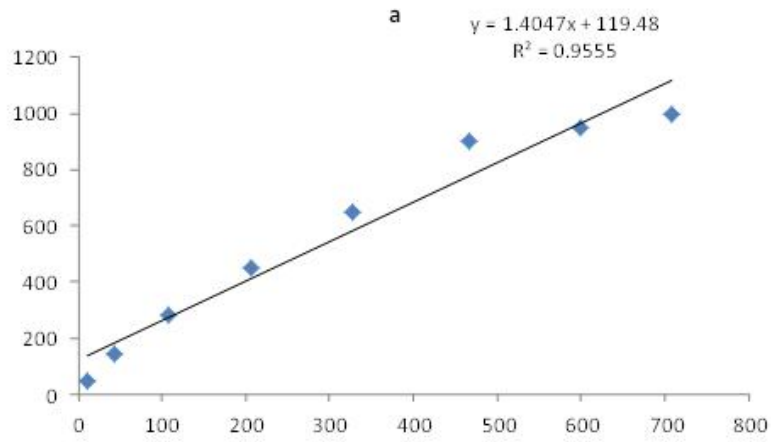
کارایی مصرف نور

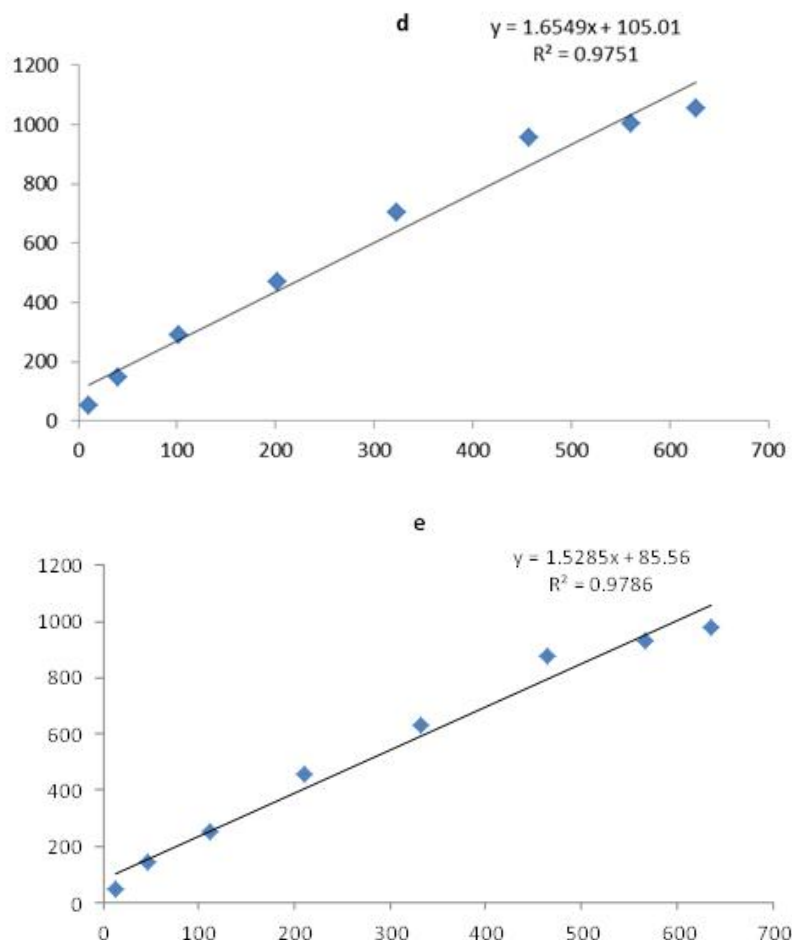
شیب خط رگرسیونی برازش یافته برای تغییرات تجمعی ماده خشک طی فصل رشد و مقدار تشعشع تجمعی جذب شده نشان‌دهنده کارایی مصرف نور در تیمارهای مورد آزمایش است (شکل‌های ۴ و ۵). میانگین کارایی مصرف نور برای تیمارهای مختلف متفاوت بود و دامنه آن برای چغندر قند بین ۱/۴۴ و ۲/۳۸ گرم بر مگاژول بود. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که میانگین کارایی مصرف نور برای چغندر قند ۱/۷۲ گرم بر مگاژول می‌باشد (Scott, and Jaggard, 2000). Webb *et al.*, 1997 نیز با استفاده از مدل‌سازی کارایی

جدول ۲- میزان کل ماده خشک تولید شده و کارایی مصرف نور (RUE) گندم و چغندر قند در کشت خالص و مخلوط‌های تأخیری

Table 2- The total amount of dry matter and radiation use efficiency (RUE) in monoculture and delayed mixed wheat and sugar beet

تیمار Treatment	کارایی مصرف نور Light use efficiency (g MJ ⁻¹)		کل ماده خشک Total dry matter (g m ⁻²)		مجموع ماده خشک Total dry matter (g m ⁻²)
	چغندر قند	گندم	چغندر قند	گندم	
کشت خالص Monoculture	2.32	1.4	2063	1000	3063
مخلوط ۳:۱ Mixed 3: 1	1.44	1.5	1213	970	2183
مخلوط ۳:۲ Mixed 3: 2	1.74	1.49	1452	945	2457
مخلوط ۴:۲ Mixed 4: 2	2.38	1.65	1942	1055	2997
مخلوط ۶:۲ Mixed 6: 2	1.93	1.52	1555	980	2532





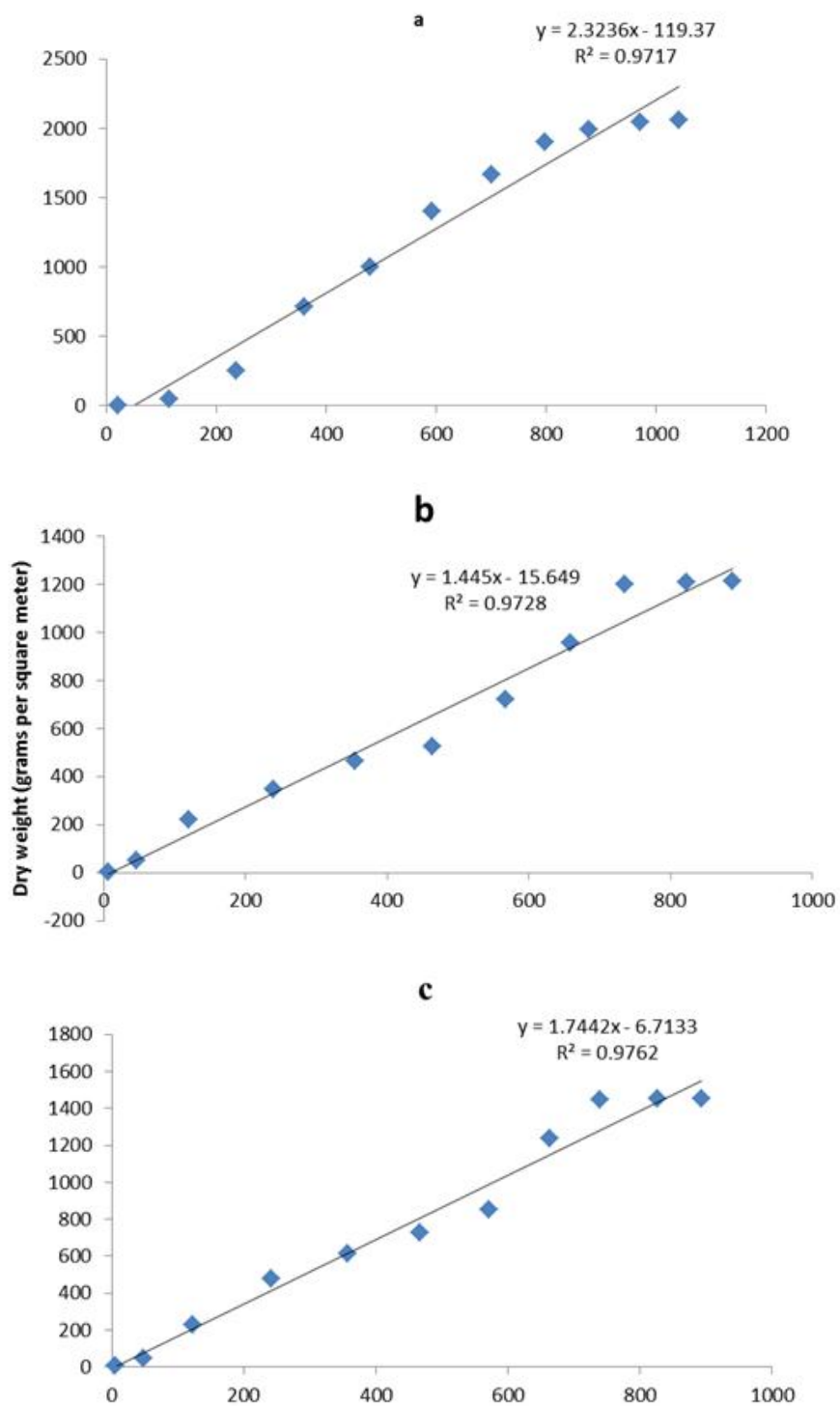
شکل ۴- رابطه ماده خشک تولیدی و تشعشع دریافتی گندم در کشت خالص (a)، مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر:گندم

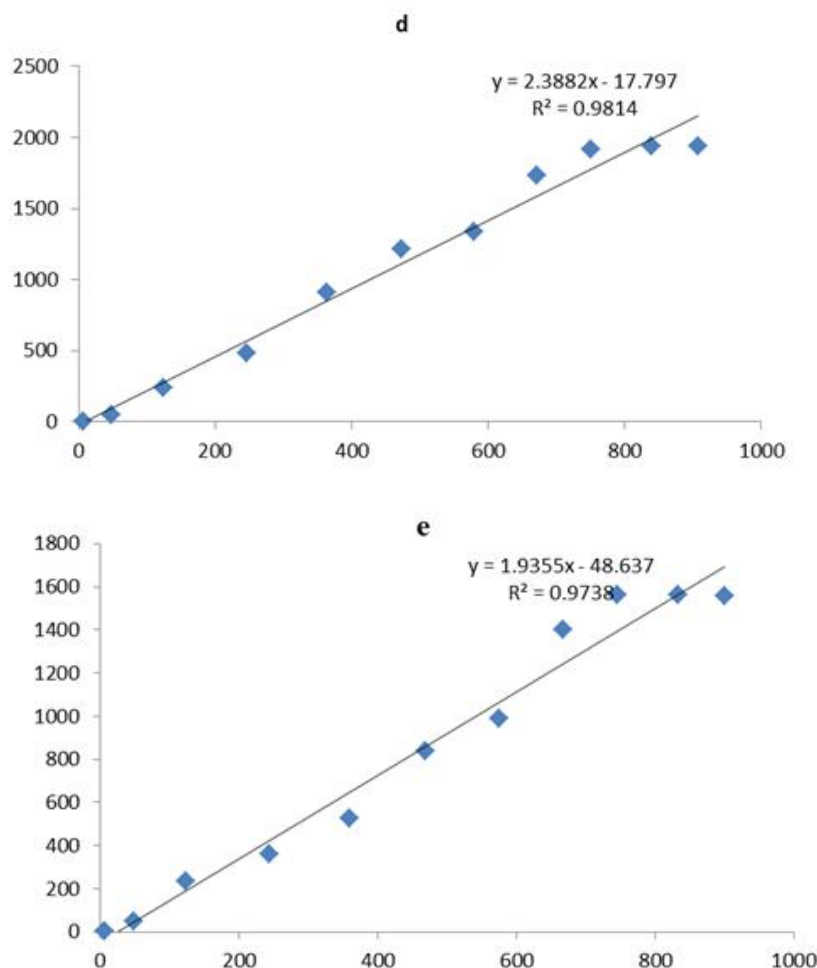
Figure 4- Relationship between dry matter and radiation wheat pure cultures any (a) delay mixture 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet: wheat

تأخیری گندم و پنبه گزارش کردند که کشت خالص گندم بیشترین عملکرد و نسبت ۳ به ۱ گندم/پنبه به نسبت دیگر ترکیب‌های کشت آن (۲/۳، ۲/۴ و ۲/۶) عملکرد بیش‌تری داشت. در آزمایش دیگری Nasiri Mohalati *et al*, 2000 گزارش کردند که در کشت مخلوط ۲/۳ گندم و ذرت بالاترین عملکرد گندم به دست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد، احتمالاً به دلیل نوع گیاه همراه می‌باشد. زیرا ذرت از نظر کانوپی و سیستم رشدی با چغندر:گندم متفاوت می‌باشد.

عملکرد دانه گندم

کشت خالص و مخلوط (۴:۲) گندم دارای بالاترین عملکرد دانه (۳۸۴ و ۴۰۳ گرم در مترمربع) بود. کم‌ترین مقدار عملکرد دانه گندم مربوط به کشت مخلوط نواری سه ردیف گندم و دو ردیف چغندر:گندم با ۳۲۵ گرم در متر مربع بود. عملکرد گندم در کشت خالص با مخلوط‌های ۱:۳، ۲:۴ و ۲:۶ تفاوت معنی‌داری نداشتند که، به نظر می‌رسد که فاصله کشت بین دو گیاه روی عملکرد تأثیر داشته است، هم‌چنین زمانی که تعداد ردیف‌های گندم بیش‌تر شده است و به سمت تک‌کشتی رفته است، عملکرد افزایش داشته است و سیستم کشت ۲:۴ بهترین عملکرد را داشت، زیرا دارای فاصله کشت مناسب بین گندم و چغندر:گندم و تعداد ردیف مناسب برای گندم داشته است (شکل ۶). Zhang *et al*, 2008 نیز در آزمایشی، کشت مخلوط





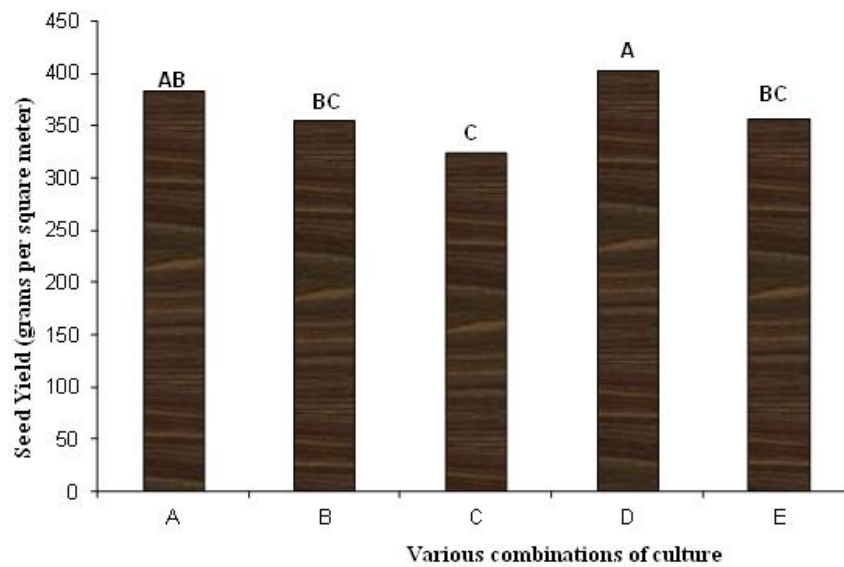
شکل ۵- رابطه ماده خشک تولیدی و تشعشع دریافتی چغندر قند در کشت خالص هر گونه (a) و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر قند: گندم

Figure 5- Relationship between dry matter and radiation sugar beet cropping any (a) delay mixture 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet: wheat

چغندر قند و گندم و بسته بودن کانوپی و سایه‌اندازی در زمان کشت چغندر قند، این گیاه دوره رشد کندی داشته است و تا زمان برداشت گندم نتوانسته است کانوپی خود را گسترش دهد. پس از برداشت گندم، ابتدا کانوپی را گسترش و سپس شروع به ذخیره مواد در ریشه کرده است، ولی در این مدت زمان نتوانسته است سرعت رشد بالایی ابتدای فصل را جبران کند و نسبت به سایر کشت‌های مخلوط و کشت خالص کاهش عملکرد چشم‌گیری داشته است.

عملکرد ریشه چغندر قند

بین الگوهای مختلف کشت مخلوط تأخیری و کشت خالص در مورد عملکرد چغندر قند اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار کشت خالص چغندر قند (۶۶ تن در هکتار) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار مخلوط تأخیری سه ردیف گندم و یک ردیف چغندر قند (۳۴/۴ تن در هکتار) کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۷). اثر ترکیب‌های مختلف کشت ذرت و لوبیا اثر معنی‌داری بر عملکرد لوبیا ($p < 0.05$) داشت و با جابه‌جایی از کشت‌های خالص به سمت مخلوط از عملکرد لوبیا به میزان ۳۶ درصد کاسته شد (Koocheki *et al.*, 2009). در این مطالعه نیز به نظر می‌رسد که در ترکیب ۱:۳ گندم و چغندر قند به دلیل فاصله کم بین ردیف‌های



شکل ۶- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری چغندر قند و گندم بر عملکرد دانه گندم

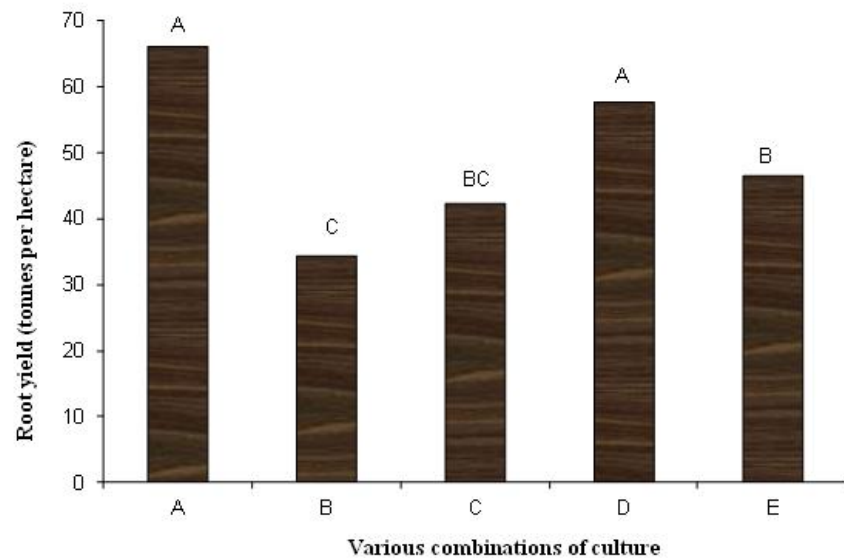
a: کشت خالص گندم، b: مخلوط‌های تأخیری (۱:۳، c: ۲:۳، d: ۲:۴ و e: ۲:۶ چغندر قند: گندم.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6- relay intercropping effects of different combinations of sugar beet and wheat on wheat grain yield

A: sole cropping wheat, B: delayed mixtures 3: 1, C: 3: 2, D: 4: 2 and E: 6: 2 beet wheat.

*Average common letters are significant differences with Duncan's multiple range test at the 5% level whatsoever.



شکل ۷- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری چغندر قند و گندم بر عملکرد ریشه چغندر قند

A: کشت خالص چغندر قند، B: مخلوط‌های تأخیری (۱:۳، C: ۲:۳، D: ۲:۴ و E: ۲:۶ چغندر قند: گندم.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7- Effects of different combinations of sugar beet and wheat relay intercropping on the yield of sugar beet roots

A: sole cropping sugar beet, B: mixtures delayed 3: 1, C: 3: 2, D: 4: 2 and E: 6: 2 beet wheat.

* Average of common letters differ significantly according to Duncan's multiple range test at the 5% level are not.

نتیجه گیری

کشت مخلوط تأخیری گندم به عنوان گیاه زمستانه و چغندر قند به عنوان گیاه بهاره می تواند کاربرد زیادی داشته باشد. در این آزمایش کارایی مصرف نور به طور چشم گیری در تمام تیمارهای مخلوط افزایش داشته است. سیستم آب و هوایی متنوع و میزان نور متفاوت در طول فصل، در سرتاسر ایران می تواند کمک زیادی به این روش کشت نماید، تا مشکل دوره زمانی بین برداشت گندم و کاشت چغندر قند را کاهش دهد. بنابراین، با استفاده از توسعه کانوپی در

ابتدای فصل رشد در زمان حداکثر میزان تشعشع خورشیدی بیشترین استفاده از نور را داشته باشد و خیلی از مناطق را برای کشت چغندر قند در ابتدای فصل رشد مطلوب نماید و دوره رشدی آن را افزایش دهد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۱۶۱۸۱/۲ مصوب ۱۳۸۹/۹/۱۶ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می شود.

References

1. Acreche, M. M., and Slafer, G. A. 2009. Grain weight, radiation interception and use efficiency as affected by sink-strength in Mediterranean wheats released from 1940 to 2005. *Field Crops Research* 110(2): 98-105.
2. Zhang, L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J. H. J. 2007. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. *Field Crops Research* 103(3): 178-188.
3. Ghaemi, A. 2002. Physiological and morphological indices effective in increasing the yield and quality of sugar beet. Dissertations. College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
4. Goudriaan, J., and Monteith, J. L., 1990. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. *Annals of Botany* 66(6): 695-701.
5. Jaggard, K., and Clark. C. 2000. Growth of sugar beet crops in 1999. *British Sugar Beet Review* 68(1): 6-11.
6. Jahan, M. 2004. Ecological aspects of intercropping chamomile (*Matricaria chamomilla* L) and marigold (*Calendula officinalis* L.) with manure. Master thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
7. Jahani, M., Kochaki, A., and Nasiri Mohalati, M. 2008. Evaluation of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentils (*Lens culinaris*) in low-input agricultural systems. *Iranian Journal of Crop Research*, 6 (1): 67-78. (In Persian with English Abstract).
8. Jahansooz, M. R., Yunusa, I. A. M., Coventry, D. R., Palmer, A. R., and Eamus. D. 2007. Radiation- and water-use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops. *European Journal of Agronomy* 26(3): 275-282. (In Persian with English Abstract).
9. Kemanian, A. R., Stockle, C. O., and Huggins. D. R. 2004. Variability of barley radiation use efficiency. *Crop Science* 44: 1662-1672.
10. Kochaki, A., and Khlqany, J. 1988. Sustainable agriculture in temperate regions of Mashhad University Press, 580 p. (In Persian).
11. Kochaki, A. 1997. Sustainable Agriculture, insight or method? *Journal of Agricultural Economics and Development*, 2 (20): 72-53. (In Persian with English Abstract).
12. Kochaki, A., Gholami, A., Mahdavi Damghan, A., and Tabriz, L. 2005. Principles of organic agriculture. Press Ferdowsi University of Mashhad. 385 p. (In Persian).
13. Kochaki, A., Hosseini, M., and Hashemi, A. 1995. Sustainable Agriculture Jihad University of Mashhad, 118: 6-28.
14. Kochaki, A., Lalegani, B., and Najib Nia, S. 2009. Evaluation of intercropping beans and corn production. *Iranian Journal of Crop Research* 7 (2): 605- 614. (In Persian with English Abstract).
15. Lecoecur, J., and Ney. B. 2003. Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. *European Journal of Agronomy* 19(1): 91-105.
16. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Rengel, Z., and Yang, S. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping II. Recovery or compensation of maize and soybean after wheat harvesting. *Field Crops Research* 71(3): 173-181.
17. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat maize or wheat/soybean strip Intercropping I Yield advantage and interspecific interaction on nutrients, *Field Crops Research* 71(2): 123-137.
18. Mandel, B. K., Das, D., Saha, A., and Mohasin, M., 1996. Yield advantage of wheat (*Triticum aestivum*) and ckpea (*Cicer arietinum*) under different spatial arrangements in intercropping. *Indian. Journal of Agronomy*

- 41(1): 17-21.
19. Milford, G. F. J., Travis, K. Z., Pockock, T. O., Jaggard, K. W., and Day, W. 1988. Growth and dry matter partitioning in sugar beet. *The Journal of Agricultural Science* 110(2):301-308.
 20. Nasiri Mohalati, M., Kochaki, A., and Jahan, M. 2011. Light absorption and use efficiency in winter wheat cropping and relay intercropping and crop research. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(6): 878-890. (In Persian with English Abstract).
 21. O'Connell, M. G., O'Leary, G. J., Whitfield, D. M., and Connor, D. J. 2004. Interception of photosynthetically active radiation and radiation use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. *Field Crops Research* 85(2-3): 111-124.
 22. Olesen, J. E., Berntsen, J., Hansen, E. M., Petersen, B. M., and Petersen, J. 2002. Crop nitrogen demand and canopy area expansion in winter wheat during vegetative growth. *European Journal of Agronomy* 16(4): 279-294.
 23. Padhi, A. K., Sahoo, B. K., and Das, K. C. 1993. Production potential, economic and energetics of upland cotton (*Gossypium hirsutum*)-based intercropping systems under upland, rain-fed situation. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63(3): 160-165.
 24. Rajcan, I., and Swanton, C. J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research* 71(2): 139-150.
 25. Rinaldi, M., and Vonella, A.V. 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in southern Italy: water and radiation use efficiency. *Field Crops Research* 95(2-3): 103-114.
 26. Scott, R.K., and Jaggard, K.W. 2000. Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugar beet grown in UK since 1970. *The Journal of Agricultural Science* 134(4): 341-352.
 27. Sinclair, T. R., and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A Review. *Crop Science* 29: 90-98.
 28. Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research* 71(1): 17-29.
 29. Van der Meer, J. 1989. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, New York, p. 237.
 30. Webb, C. R., Werker, A. R., and Gilligan, C. A. 1997. Modelling the dynamical components of sugar beet crop. *Annals of Botany* 80(4): 427-436.
 31. Werker, A. R., and Jaggard, K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology* 89(3-4): 229-240.
 32. Zhang, L., van der Werf, W., Bastiaans, L., Zhange, S., Li, B., and Spiertz, J. H. J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research* 107(1): 29-42.



Evaluation of Yield and Radiation Use Efficiency of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Relay Intercropping

A. Koocheki^{1*} - M. Nasiri Mahallati¹ - H. Zarghani² - A. Norooziyan³

Received: 08-04-2012

Accepted: 29-12-2015

Introduction

Intercropping plays an important role in agriculture because of beneficial interactions. Intercropping of legumes and cereals is an old practice in tropical agriculture dating back to ancient civilization. Cereals and other plant intercrops could substantially increase forage quantity and quality and decrease the requirement for protein supplements. Intercropping of cereals and other plants is important for development of sustainable food production systems. This may be due to some of the potential benefits of intercropping systems such as high productivity and profitability, improvement of soil fertility, efficient use of resources, reducing damage caused by pests, diseases and weeds and improvement of forage quality. The main advantage of intercropping is more efficient utilization of the available resources and the increased productivity compared to sole crops of the mixture. Therefore, this experiment was conducted to evaluate agronomic characteristics of wheat and Land Equivalent Ratio (LER) under relay intercropping with sugar beet.

Materials and Methods

In order to evaluate radiation use efficiency (RUE), yield and dry matter accumulation in winter wheat relay intercropping and sugar beet, a field experiment was conducted at Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2012 growing season, using a completely randomized block with four replications. The experimental treatments included four treatments intercropping ratios of rows: 3: 1, 3: 2, 4: 2, 6: 2 (beet and wheat) with monocropping beet and monocropping wheat (sole crops), comprised the experimental factors.

Results and Discussion

The results of this experiment showed that the effects of intercropping were significant for many study traits. Also, the results showed that during the growing season, leaf area index, radiation crossing the canopy, radiation use efficiency, the amount of dry matter production and yield per unit area were affected by intercropping. The highest yield of wheat was observed in the intercropping treatments 4: 2 (1942 g.m⁻²) and the highest dry matter of beet sugar was obtained in monoculture (2063 g.m²). Highest radiation use efficiency of wheat and sugar beet) was observed in treatment 4: 2 (65.1 and 38.2), respectively.

Conclusions

In general, results showed that maize-peanut intercropping could be profitable due to use of the available resources. It can be concluded that intercropping was more efficient than sole cropping especially this is the way to make better use of resources and increase efficiency compared with sequential planting species.

Keywords: Radiation absorb, Radiation use efficiency, Relay intercropping, Yield

1, 2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3, 4- Phd Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(* - Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)