مجله کشاورزی بوم‌شناختی (۲) ۳ (۱۳۹۲) ۷۰- ۶۰

ارزیابی جذب و کارایی مصرف تشعشع در کشت مخلوط گیاه دارویی گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

علیرضا کوچکی، سرور خرم دل*، افسانه امین غفوری و جواد شباهنگ

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*نویسنده مسئول: khorramdel@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۰۵

کوچکی، ع.، س. خرم دل، ا. امین غفوری و ج. شباهنگ. ۱۳۹۲. ارزیابی جذب و کارایی مصرف تشعشع در کشت مخلوط گیاه دارویی گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله کشاورزی بوم شناختی. ۳ (۲): ۷۰- ۶۰.

چکیده

تجمع مادهٔ خشک گیاهان ارتباط خطی با تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) تجمعی دارد و یکی از راهکارهای افزایش جذب تشعشع در نظام‌های زراعی استفاده از کشت مخلوط است. با همین هدف، به منظور ارزیابی اثرگذاری‌های کشت مخلوط ردیفی و نواری بر میزان جذب و کارایی مصرف تشعشع لوبیا و گل گاوزبان اروپایی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چهار تیمار مخلوط ردیفی و نواری یعنی یک ردیف لوبیا و یک ردیف گاوزبان (۱:۱)، دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان (۲:۲)، سه ردیف لوبیا و سه ردیف گاوزبان (۳:۳) و چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان (۴:۴) و کشت خالص دو گیاه بود. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ، تجمع مادهٔ خشک و کارایی مصرف تشعشع لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در همه تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش پیدا کرد. اثرگذاری‌های تکمیل‌کنندگی کشت مخلوط بر صفات مورد بررسی برای لوبیا بیشتر از گل گاوزبان اروپایی بود. میانگین کارایی مصرف تشعشع لوبیا در طول فصل رشد از ۰/۷۷ در الگوی چهار ردیفی تا ۱/۵۰ گرم بر مگاژول در تیمار دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گل گاوزبان اروپایی و میانگین کارایی مصرف تشعشع گل گاوزبان اروپایی نیز از ۰/۶۳ گرم بر مگاژول در الگوی چهار ردیفی تا ۱/۳۴ گرم بر مگاژول برای تیمار دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گل گاوزبان اروپایی متغیر بود. بالاترین شاخص سطح برگ لوبیا در تیمار دو ردیف لوبیا+دو ردیف گل گاوزبان اروپایی با ۴/۶۰ به دست آمد. به طور کلی، نتایج نشان داد که کشت مخلوط ردیفی و نواری لوبیا با گاوزبان اروپایی باعث افزایش کارایی مصرف نور شده است؛ به طوری که بهترین نتایج برای الگوی دو ردیفی دیده شد.

واژه‌های کلیدی: جذب تشعشع، شاخص سطح برگ، کشت مخلوط ردیفی، مادهٔ خشک کل.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

گرایش به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای استفاده از فراورده‌های طبیعی آنها در جهان روز به روز در حال افزایش می‌باشد. از اواسط سده بیستم و به دنبال مشخص شدن پیامدهای منفی ناشی از مصرف داروهای شیمیایی، گیاهان دارویی در بسیاری از موارد جایگزین داروهای شیمیایی شدند (Carruba *et al.*, 2002). ایران نیز به واسطه داشتن تنوّع اقلیمی بالا و پیشینه تاریخی در استفاده و فرآوری گیاهان دارویی، توانمندی‌های بالایی در تولید این گیاهان دارد، اما تنها سهم بسیار اندکی را در بازارهای جهانی عرضه گیاهان دارویی و فراورده‌های آنها به خود اختصاص داده است (Omid Beygi, 2000)، با توجه به احتمال بروز اثرگذاری‌های منفی ناشی از مصرف انواع مواد شیمیایی روی کمیّت و کیفیّت ترکیبات مؤثره این گونه‌های ارزشمند گیاهی، امروزه در راستای بهبود شرایط زراعی و افزایش کارایی مصرف منابع، روش‌هایی را به کار می‌برند که با طبیعت سازگاری داشته و با اصول بوم شناختی (اکولوژیک) که در علوم جدید مورد توجه قرار گرفته‌اند، هماهنگ باشد. کشت مخلوط از جمله این راهکارها می‌باشد (Sanjani *et al.*, 2009).

این نوع کشت پایداری در عملکرد، استفادهٔ موثر از منابع و نهاده‌های تولید مانند، زمین، کار، زمان، آب و عناصر غذایی و همچنین کاهش در استفادهٔ از نهاده‌های خارجی گران قیمت را بهبود می‌بخشد (Carruthers *et al.*, 2000) و باعث کاهش آسیب در زمان‌های ناشی از آفات و بیماری‌ها می‌شود. از سوی دیگر، باور کلی بر این است که کشت مخلوط به واسطه افزایش جذب تشعشع (Tsubo *et al.*, 2005)، با افزایش طول دوره جذب (نظیر کشت‌های تأخیری و برتری زمانی) یا در نتیجه پوشش بیشتر سطح خاک (برتری مکانی) سبب بهره‌وری بهینه نظام‌های زراعی شود (Zhang *et al.*, 2008). در واقع در زراعت‌های تک-کشتی همواره میزانی از تشعشع فتوسنتزی به دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف می‌شود. میزان این تلفات در زراعت‌های مخلوط به دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب تشعشع کل نسبت به تک‌کشتی بیشتر می‌شود (Awal *et al.*, 2006). Koocheki *et al.* (2011) با بررسی کشت مخلوط نواری ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا بر جذب و کارآیی مصرف تشعشع گزارش کردند، کارایی مصرف تشعشع ذرت و لوبیا در همه‌ی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود. در پژوهشی در زمینه، بررسی کشت تأخیری کتان (*Linum usitatissimum*) در گندم (*Triticum asetivum* L.) دلیل افزایش عملکرد دو گیاه در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص به افزایش میزان تشعشع جذب شده نسبت داده شد (Zhang and Li, 2003). در بررسی کشت مخلوط به صورت افزایشی در ذرت و لوبیا گزارش شد، میزان کل تشعشع جذب شده در کشت مخلوط بیشتر از تک‌کشتی بود و علت آن، برتری کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به تک‌کشتی به واسطه بهبود جذب تشعشع کل گزارش شد (Tsubo *et al.*, 2001). پس از اندازه‌گیری میزان جذب تشعشع در کشت خالص سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و مخلوط آن با لوبیا، ماش (*Vigna radiata*)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) و سویا (*Glycine max* L.) دریافتند که در همه‌ی کشت‌های مخلوط مورد بررسی جذب تشعشع بیشتر از کشت خالص بود (Abraham and Singh, 1984).

طی سه دهه گذشته بررسی‌ها زیادی روی کارایی مصرف تشعشع در نظام‌های کشت مخلوط با دامنهٔ گسترده‌ای از ترکیب‌های گیاهی در دیگر کشورهای جهان صورت گرفته است، اما همچنان کمبود این نوع بررسی‌ها در ایران بسیار محسوس می‌باشد. بدین ترتیب، با توجه به اهمیت ضریب خاموشی نور و کارایی مصرف نور در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و تغییرپذیری این ضریب‌ها تحت تأثیر زمان، مکان و مدیریت‌های مختلف (Parsa *et al.*, 2007)، این تحقیق با هدف ارزیابی جذب و کارایی مصرف تشعشع در کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (عرض جغرافیایی، ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی، ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۹۸۵ متر) در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. میانگین بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و

Archive of SID

www.SID.ir

بیشینه و کمینه دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سلسیوس می‌باشد. آب و هوای منطقه بر طبق روش تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه سرد و خشک می‌باشد (Hosseinpanahi *et al.*, 2009). تیمارهای آزمایش شامل چهار تیمار مخلوط ردیفی و نواری یعنی، یک ردیف لوبیا و یک ردیف گاوزبان (۱:۱)، دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان (۲:۲)، سه ردیف لوبیا و سه ردیف گاوزبان (۳:۳) و چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان (۴:۴) و کشت خالص دو گیاه لوبیا و گاوزبان اروپایی بود.

عملیات کاشت دو گیاه بصورت همزمان در نیمه اردیبهشت ماه روی ردیف‌هایی با طول سه متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. ضمن اینکه هر کرت حاوی هشت ردیف کاشت بود. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار تا آخر فصل رشد انجام شد. برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر (برای لوبیا و گاوزبان به ترتیب ۲۰ و ۳۰ بوته در متر مربع) گیاهان در مرحله ۶-۴ برگی تنک شدند. لازم به یادآوری است عملیات داشت همانند یک نظام کم‌نهاده اجرا شد، به‌طوری‌که از هیچگونه سم و کود شیمیایی نیز به کار برده نشد.

برای محاسبه تغییرات سطح برگ و وزن خشک، از ۲۵ روز پس از سبز شدن تا مرحله رسیدگی نمونه‌برداری تصادفی از سطح پنج بوته به فواصل هر دو هفته یکبار انجام شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه Leaf Area Meter استفاده شد و به منظور اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت زمان ۷۲ ساعت قرار گرفتند.

میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی مشهد به روش ارائه شده توسط Goudriaan and Van Laar (1993) محاسبه شد. سپس این میزان بر اساس تعداد ساعت‌های آفتابی استخراج شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز اقلیم‌شناسی خراسان رضوی (Meteorological Center of Khorasan Razavi, 2009) اصلاح و تشعشع جذب شده روزانه برای هر دو گونه بر اساس معادلات ۱ تا ۳ محاسبه شد (Tsubo *et al.*, 2005):

$$Iabs = I0 * (1 - P) * (1 - \exp(-Kc * LAIc) + (-Kb * LAIb) \quad (۱)$$

$$Ic = Iabs * \left(\frac{Kc*LAIc}{(Kc*LAIc)+(Kb*LAIb)}\right) \quad (۲)$$

$$Ib = Iabs - Ic \quad (۳)$$

I_{abs}، تشعشع جذب شده توسط کانوپی مخلوط (مگاژول بر متر مربع)، I_0، تشعشع رسیده به بالای کانوپی (مگاژول بر متر مربع)، P، ضریب انعکاس که برای لوبیا و گل گاوزبان اروپایی ۰/۰۸ منظور شد، K_C و K_B، به ترتیب ضریب خاموشی تشعشع لوبیا (۰/۶) و گل گاوزبان اروپایی (۰/۴۷) (Alizadeh *et al.*, 2010)، LAI_C و LAI_B، به ترتیب شاخص سطح برگ لوبیا و گل گاوزبان اروپایی و I_C و I_B: به ترتیب تشعشع جذب شده بر اساس مگاژول بر متر مربع توسط کانوپی لوبیا و گل گاوزبان اروپایی می‌باشد.

برای برآورد میزان شاخص سطح برگ روزانه از برازش معادله (۴) و برای برآورد میزان‌های تجمع مادهٔ خشک روزانه نیز از برازش معادله (۵) (لجستیک) استفاده شد:

$$LAI = \frac{a+b*4*\left(\frac{\exp(-x-c)}{d}\right)}{\left(1+\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right)^2} \quad (۴)$$

$$TDM = \frac{a}{1+b*\exp(-c*x)} \quad (۵)$$

در این معادلات، a، عرض از مبداء، b، زمان رسیدن به بیشینه LAI، c، بیشینه LAI، d، نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود، x، زمان بر حسب روز پس از کاشت، TDM، تجمع مادهٔ خشک بر حسب گرم در متر مربع، a: بیشینه تجمع ماده خشک، b، ثابت معادله، c، سرعت رشد نسبی و x، زمان بر حسب روز پس از کاشت است. کارایی مصرف تشعشع (RUE)[1] بر حسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع فعال تجمعی (مگاژول بر متر مربع) محاسبه شد.

داده‌های آزمایش توسط نرم افزار SAS 9.1 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

روند تغییرات شاخص سطح برگ: نتایج این آزمایش گویای روند مشابه تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها بود (شکل۱)؛ به طوری که در ابتدای دورهٔ رشد با گذشت زمان شاخص سطح برگ به کندی افزایش یافت و در ادامه افزایش شاخص سطح برگ روند خطی پیدا کرد و به

[1] Radiation Use Efficiency

Archive of SID

www.SID.ir

ترتیب برای لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در حدود ۶۹ و ۵۶ روز پس از کاشت به بیشینه میزان خود رسید. پس از آن به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها روند کاهشی در پیش گرفت. کانوپی کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی هر یک از گیاهان، دارای شاخص سطح برگ بالاتری بود (شکل ۱). بالاترین شاخص سطح برگ لوبیا در ۶۹ روز پس از سبز شدن در کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گل گاوزبان اروپایی با ۴/۶۰ و کمترین میزان آن در کشت خالص با ۲/۰۹ به دست آمد. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ گل گاوزبان اروپایی در ۵۶ روز پس از سبز شدن به ترتیب در کشت مخلوط ردیفی دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گل گاوزبان اروپایی (۴) و کشت خالص (۱/۴۶) دیده شد (شکل ۱). لازم به یادآوری است که به احتمال وجود رقابت بین گونه‌ای بالا در تیمارهای کشت خالص موجب کاهش شاخص سطح برگ در مقابل تیمارهای کشت مخلوط شده است. علاوه بر این، ایجاد اثرگذاری‌های مثبت ناشی از حضور گونه‌ها در کنار یکدیگر در تیمارهای مخلوط، بهبود شاخص سطح برگ را به دنبال داشته است. با توجه به این مطلب که سرعت رسیدن به بیشینه شاخص سطح برگ، اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده میزان تجمع ماده خشک می‌باشد (Milford *et al.*, 1988)، به نظر می‌رسد که بالاترین سرعت رسیدن به بیشینه شاخص سطح برگ برای الگوی کشت دو ردیفی لوبیا و گل گاوزبان دیده شده است.

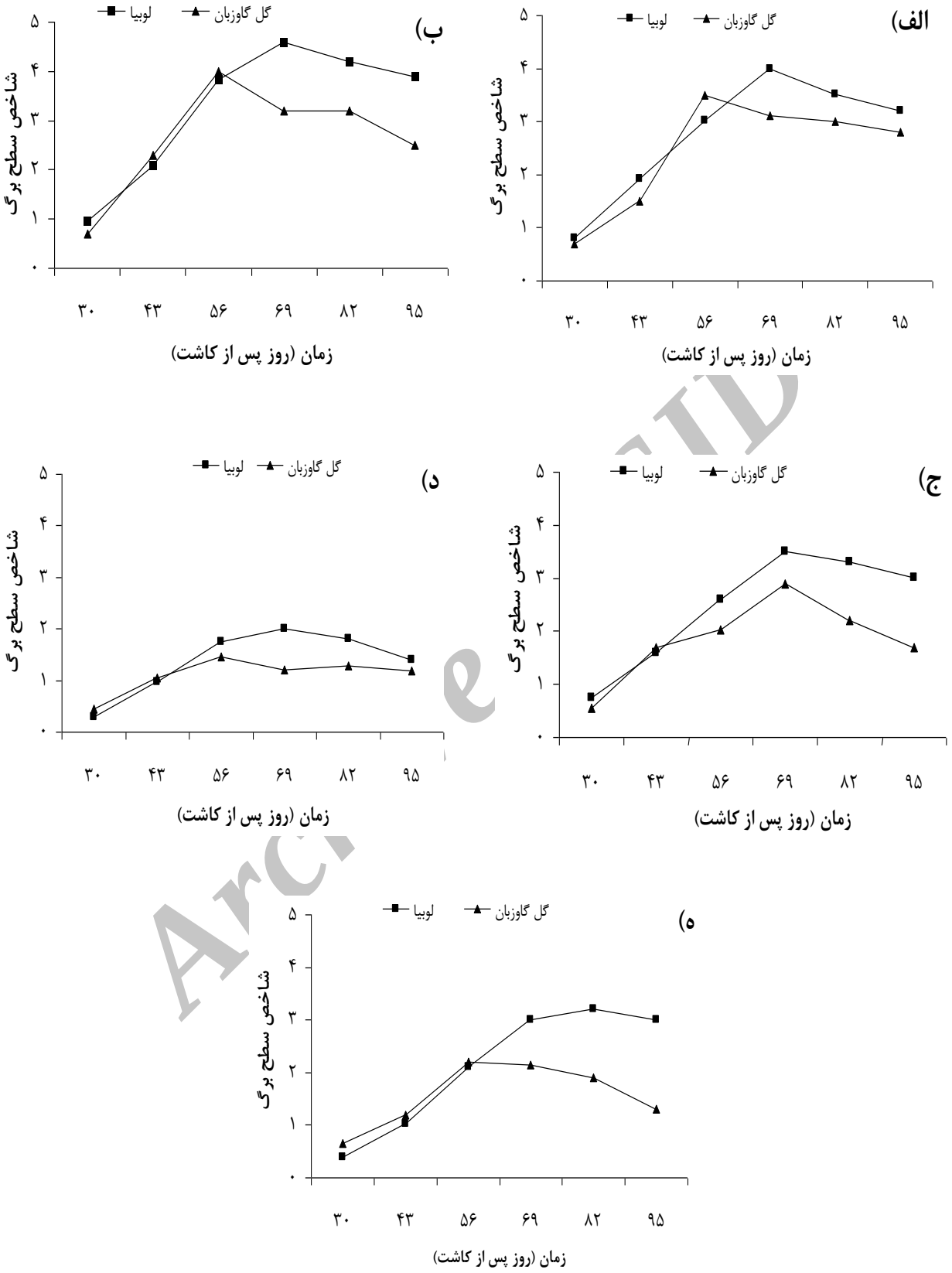
وجود اثرگذاری‌های مثبت ناشی از کشت لوبیا (از جمله تثبیت نیتروژن) همراه با گل گاوزبان اروپایی در تیمارهای مخلوط ردیفی و نواری منجر به افزایش شاخص سطح برگ هر یک از گیاهان در مقایسه با کشت خالص آنها شد. Mukhala *et al.* (1999) نیز افزایش شاخص سطح برگ گیاهان مخلوط شده نسبت به حالت تک‌کشتی آنها را گزارش کردند. از آنجا که سطح برگ هر گیاه مهم‌ترین اندام دریافت‌کنندهٔ تشعشع توسط آن گیاه به شمار می‌آید، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از مدیریت‌های زراعی مناسب برای افزایش سطح برگ گیاهان می‌باشد. در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا، به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای مشخص شد که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بیشتر بود (Morgado and Willey, 2003). در بررسی دیگری که روی شاخص‌های فیزیولوژیک کشت مخلوط مرزه و شبدر ایرانی انجام شد، گزارش شد که بالاترین شاخص سطح برگ مرزه (۲/۱) برای کشت خالص (با تراکم ۲۷ بوته در متر مربع) و کمترین میزان (۰/۲) برای تیمار کشت مخلوط (بر پایه تراکم ۲۷ بوته در متر مربع) دیده شد. دلیل این کاهش نیز به افزایش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت داده شد (Hassanzadeh Aval *et al.*, 2007).

میزان تجمع مادهٔ خشک: در تیمارهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در آغاز دورهٔ رشد به دلیل کوچک بودن بوته‌ها تفاوت چندانی از نظر روند افزایش وزن خشک دیده نشد؛ به طوریکه روند افزایش تجمع ماده خشک لوبیا در همه تیمارها با گذشت نزدیک به ۳۰ روز پس از کاشت (بوته‌ها در مرحله رویشی بودند.) وارد مرحلهٔ رشد خطی شده و به سرعت آغاز به افزایش نمود و در حدود ۶۹ روز پس از کاشت (مرحلهٔ حصول بیشینه مادهٔ خشک کل، مرحله خشک شدن دانه‌ها و زرد و خشک شدن غلاف‌ها)، به بیشینه میزان خود رسید و آن‌گاه روند نزدیک به ثابتی را در پیش گرفت (شکل ۲).

میزان تجمع ماده خشک در همه تیمارهای کشت مخلوط لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در مقایسه با کشت خالص لوبیا بیشتر بود. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیشترین میزان تجمع مادهٔ خشک گیاه لوبیا مربوط به تیمار دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گل گاوزبان اروپایی (۷۵۲/۰۳ گرم در متر مربع) و کمترین آن برای کشت خالص (۴۶۸/۳۹ گرم در متر مربع) بود. به نظر می‌رسد که احتمال دارد در الگوی دو ردیفی نسبت‌های دو گیاه به طوری مناسب بوده و بین رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای تعادل برقرار شده که در نتیجه حضور دو گیاه در کنار یکدیگر اثرگذاری‌های مثبتی بر ویژگی‌های رشدی داشته که این امر موجب بهبود میزان تجمع ماده خشک شده است. Mirhashemi *et al.* (2009) بیان داشتند که میزان وزن خشک گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum*) درکلیه تیمارهای کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella* (*graecum*)- *foenum*) در مقایسه با کشت خالص این گونه بیشتر بود. در آزمایشات دیگری که روی کشت مخلوط لوبیا و ذرت انجام شده است، مشخص شد که بیشترین میزان ماده خشک تجمعی در تیمارهای کشت مخلوط و کمترین میزان آن در تیمار کشت خالص بدست آمد (Rezvane Beydokhti, 2004). در گل گاوزبان اروپایی نیز در همه‌ی تیمارها تا ۴۳ روز پس از کاشت روند افزایش ماده خشک کند بود، که به

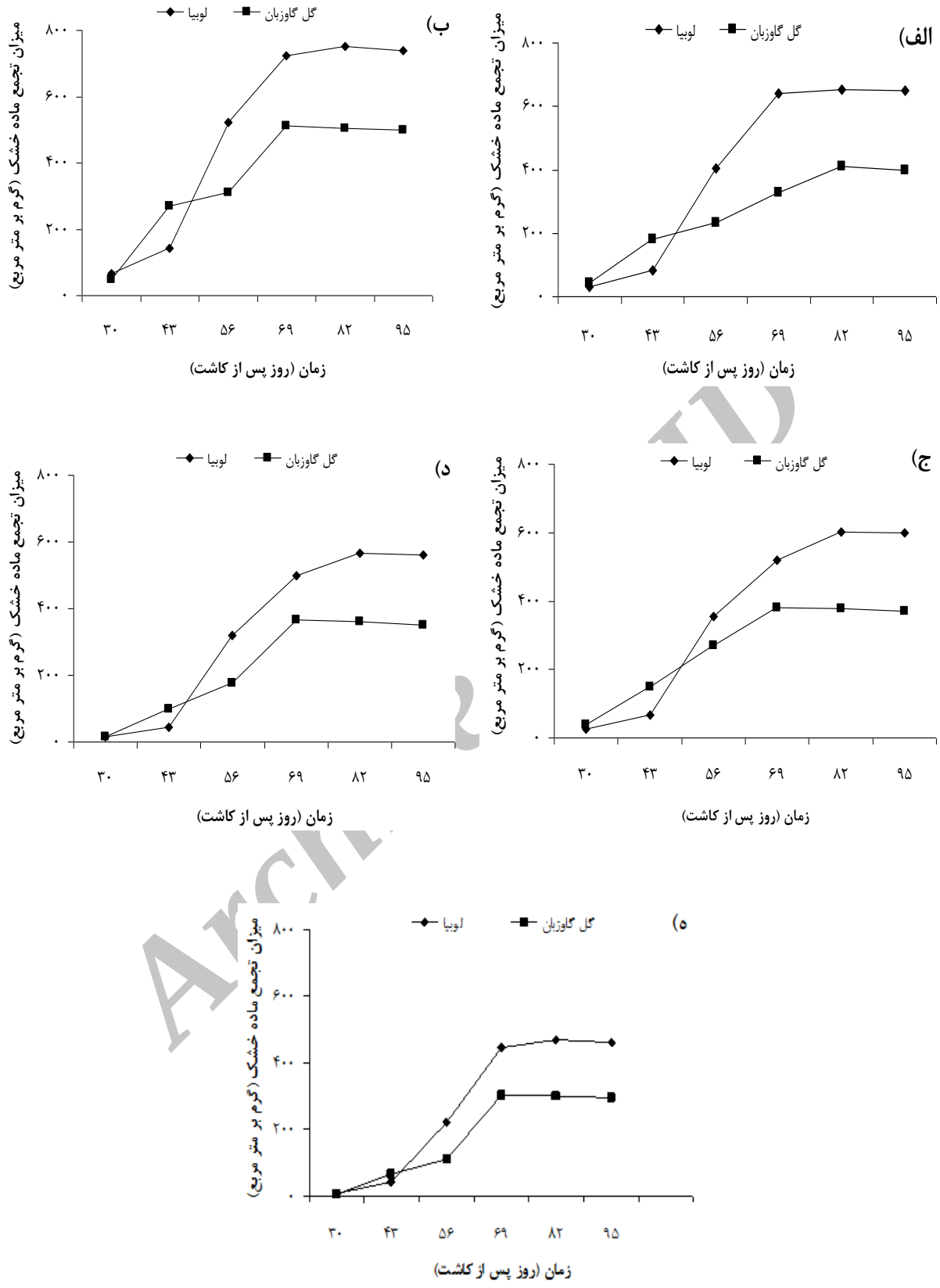
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- میانگین روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط ردیفی و نواری (الف) ۱:۱، (ب) ۲:۲، (ج) ۳:۳، (د) ۴:۴ و (ه) کشت خالص.

www.SID.ir



شکل ۲- میانگین روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک لوبیا و گل گاوزبان اروپایی در کشت مخلوط ردیفی و نواری (الف) ۱:۱، (ب) ۲:۲، (ج) ۳:۳، (د) ۴:۴ و (ه) کشت خالص.

www.SID.ir

تدریج تا زمان برداشت افزایش یافت (شکل ۲). Mirhashemi *et al.* (2009) اظهار داشتند که روند افزایش تجمع ماده خشک در زنیان تا ۹۰ روز پس از کاشت و در شنبلیله تا ۵۳ روز پس از کاشت کند بوده، که پس از آن تا مرحله رسیدگی رو به افزایش بوده است. در بین تیمارهای مخلوط ردیفی و نواری، بالاترین ماده خشک گل گاوزبان اروپایی برابر با ۴۱۲/۱۸ گرم در متر مربع برای تیمار کشت مخلوط دو ردیفی دیده شد. با تغییر الگوی کشت از کشت مخلوط دو ردیفی به سوی کشت خالص از میزان تجمع ماده خشک کاسته شد. به نظر می‌رسد کاهش رقابت درون گونه‌ای در کشت مخلوط دو ردیفی، باعث افزایش جذب تشعشع و مواد غذایی در گل گاوزبان اروپایی در مقایسه با دیگر تیمارهای مخلوط شده است. همچنین Maeffei *et al.* (2003) اظهار داشتند که میزان ماده خشک در مخلوط ردیفی نعناع[1] و سویا در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود.

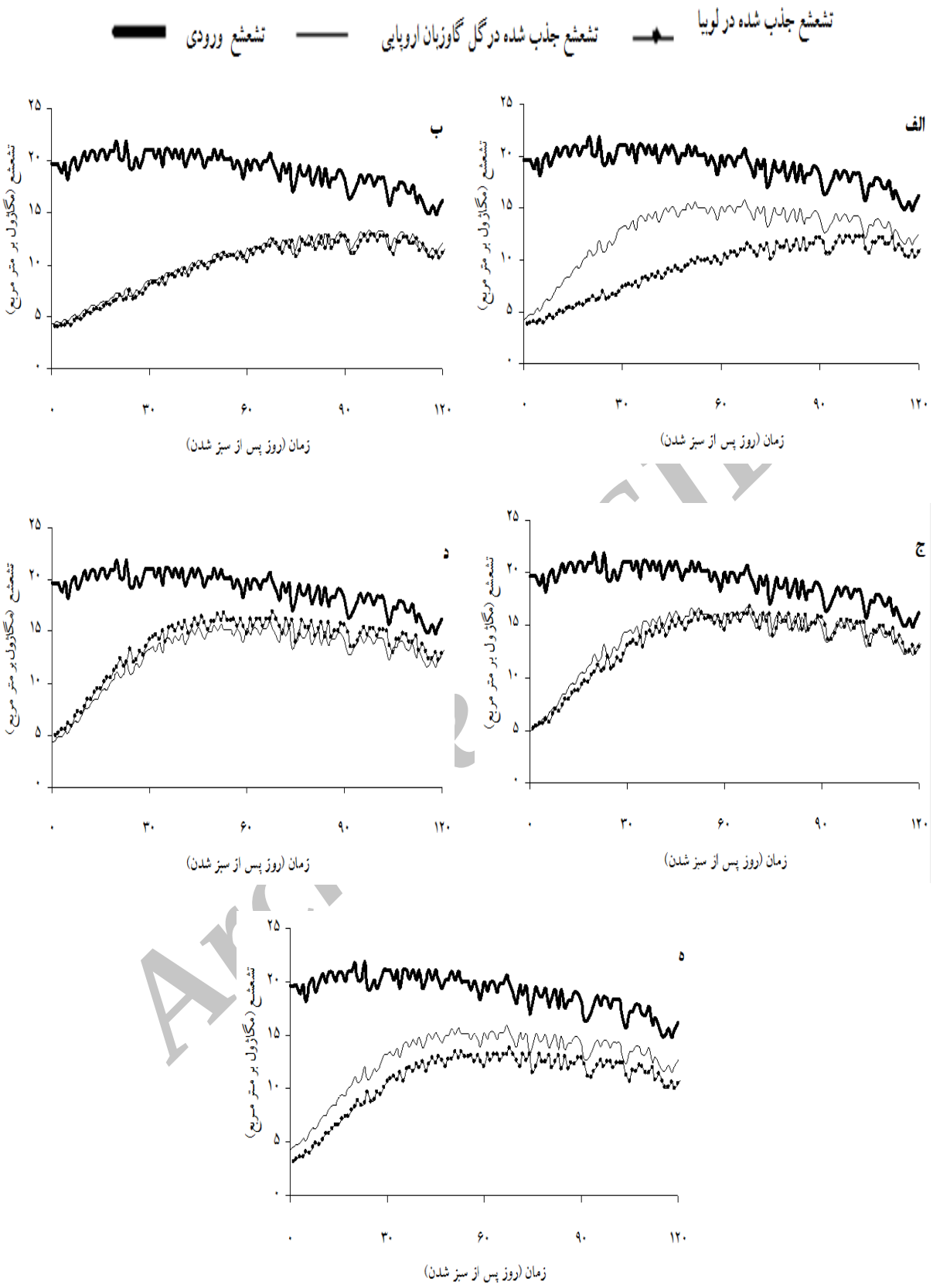
جذب و کارایی مصرف تشعشع

نتایج بررسی جذب و کارایی مصرف تشعشع در تیمارهای مخلوط ردیفی و نواری لوبیا با گل گاوزبان اروپایی نشان داد که متناسب با افزایش شاخص سطح برگ، میزان تشعشع جذب شده توسط کانوپی لوبیا، گل گاوزبان اروپایی و کشت مخلوط آنها افزایش یافت، این امر کاهش هدر رفت تشعشع و بهبود نسبت برابری زمین برای تشعشع جذب شده را به دنبال داشته است. بیشترین میزان جذب تشعشع به تیمار دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گل گاوزبان اروپایی (حدود ۹۳ درصد) و کمترین آن به کشت خالص (به ترتیب در حدود ۷۵ و ۶۶ درصد برای لوبیا و گل گاوزبان اروپایی) مربوط بود. جذب تشعشع توسط کانوپی کشت مخلوط نسبت به خالص بیشتر بود که به نظر می‌رسد دلیل این امر تحت تأثیر تغییر ساختار کانوپی لوبیا و گل گاوزبان اروپایی از راه مجاورت این دو گونه در کنار یکدیگر مربوط باشد (شکل ۳). به نظر می‌رسد اولیه کند گل گاوزبان اروپایی منجر به توانایی کمتر این گیاه برای جذب تشعشع در مقایسه با لوبیا شده است. البته با توجه به نتایج مشخص است که کشت لوبیا در کنار گل گاوزبان اروپایی در الگوهای مخلوط ردیفی و نواری این توانایی را بهبود بخشیده است، به طوری که بهترین حالت برای الگوی دو ردیفی دیده شده است. بررسی‌ها مختلفی نیز افزایش کارایی مصرف تشعشع اجزای گیاهی در مخلوط را گزارش کرده‌اند (Mandal, 1996; Zhang, 2008). Koocheki *et al.* (2009) با بررسی کشت مخلوط لوبیا و ذرت در مقایسه با تک‌کشتی گزارش کردند که کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی میزان تشعشع بیشتری را عبور داد. همین طور در کشت مخلوط بادام زمینی و ذرت نیز افزایش کارایی مصرف تشعشع در بادام زمینی گزارش شد (Awal *et al.*, 2006). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که تغییرات کانوپی سایه‌انداز گیاهی به ویژه تغییرات شاخص سطح برگ به عنوان اندام اصلی جذب کننده نور در این دو گونه گیاهی بر سطح خاک موجب تغییرپذیری دریافت نور شده است، به طوری که با افزایش اثرگذاری‌های مثبت ناشی از کشت این دو گونه در کنار یکدیگر، تحت تأثیر کاهش اثرگذاری‌های رقابت بین گونه‌ای جذب نور افزایش یافته است. بدین ترتیب، احتمال می‌رود که افزایش رقابت درون گونه‌ای لوبیا و گل گاوزبان در کشت خالص و افزایش رقابت بین گونه‌ای آنها در الگوهای مختلف مخلوط ردیفی و نواری ۱:۱، ۳:۳ و ۴:۴ در مقایسه با الگوی ۲:۲ باعث کاهش شاخص سطح برگ دو گیاه شده و در نتیجه، جذب تولید ماده خشک در گیاهان با میزان تشعشع جذب شده در تک‌کشتی و نظام‌های کشت مخلوط همبستگی مثبت داشته است (Monteith, 1997; Sinclair and Horie, 1999). همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود بالاترین کارایی تشعشع لوبیا برای کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+دو ردیف گل گاوزبان اروپایی (۱/۵ گرم بر مگاژول) و کمترین کارایی مصرف تشعشع در بین الگوهای کشت مخلوط برای الگوی چهار ردیفی (۰/۷۷ گرم بر مگاژول) به دست آمد. میانگین کارایی مصرف تشعشع گل گاوزبان اروپایی نیز در بین الگوهای کشت مخلوط ردیفی از ۱/۳۴ گرم بر مگاژول برای الگوی یک ردیفی تا ۰/۶۴ گرم بر مگاژول برای الگوی چهار ردیفی متغیر بود. با توجه به افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش پوشش سایه‌انداز گیاهی بر سطح زمین در شرایط کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گل گاوزبان در مقایسه با کشت خالص، میزان جذب تشعشع افزایش یافته و در نتیجه منجر به کاهش هدر رفت تشعشع و بهبود نسبت برابری زمین برای جذب تشعشع شده است (شکل ۴). در این آزمایش، کارایی تشعشع لوبیا

[1] *Mentha piperita*

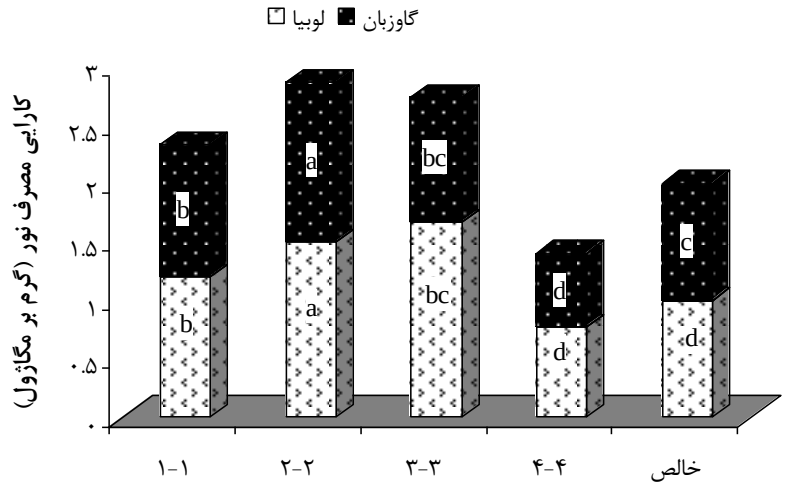
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- میانگین میزان تشعشع ورودی و جذب شده روزانه در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی لوبیا و گل گاوزبان اروپایی (الف) ۱:۱، (ب) ۲:۲، (ج) ۳:۳، (د) ۴:۴ و (ه) کشت خالص.

www.SID.ir



شکل ۴- تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی و نواری لوبیا و گل گاوزبان اروپایی بر کارآیی مصرف نور.
میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء تفاوت معنی‌داری بر پایه آزمون LSD ندارند ($p\leq$۰/۰۱).

تا حدودی همسو با گزارش‌های گذشته بود؛ به طوری‌که کارایی مصرف تشعشع لوبیا مندرج در منابع مختلف ۱/۰۵ و ۱/۹۵ گرم بر مگاژول می‌باشد (Muchow *et al.*, 1993; Idinoba *et al.*, 2002). همچنین با توجه به این شکل به نظر می‌رسد که رشد اولیه و سریع‌تر لوبیا در مقایسه با گل گاوزبان اروپایی به ویژه در ابتدای فصل رشد باعث بهره‌برداری بهتر از منابع و به ویژه نور شده که این امر بهبود بیشتر تأثیرپذیری لوبیا در مقایسه با گاوزبان را تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط را به دنبال داشته است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج نشان داد که کشت مخلوط ردیفی و نواری لوبیا و گل گاوزبان اروپایی منجر به بهبود شاخص سطح برگ، میزان تشعشع جذب شده، تجمع مادهٔ خشک و کارایی مصرف تشعشع برای هر دو گونه گیاهی در مقایسه با کشت خالص شد. به طوری که بهترین حالت برای الگوی دو ردیفی حاصل شد. همچنین، در همه صفات مورد بررسی، کشت مخلوط تأثیر بیشتری بر لوبیا نسبت به گل گاوزبان اروپایی داشته است. بنابراین، از آنجا که این آزمایش در نظام کشت کم نهاده اجرا شد، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد بهینه با کمترین مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی می‌باشد که این موضوع در دراز مدت می‌تواند منجر به کاهش یا نبود وابستگی نظام‌های زراعی به انرژی‌های فسیلی شده و افزایش پایداری را برای بوم‌نظام‌های زراعی کشور به ارمغان بیاورد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهه از محل طرح شماره ۱۵۰۳۹/۲ مصوب ۱۳۸۹/۰۳/۲۰ معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Abraham, C.T. and Singh, S.P., 1984. Weed management in Sorghum- legume intercropping system. Journal of Agricultural Science. 103, 356-360.

Alizadeh, Y., Koocheki, A. and NassiriMahallati, M., 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Field Crops Research. 7(2), 541-553. (In Persian with English abstract).

Awal, M.A., Koshi, H. and Ikeda, T., 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology. 139, 74-83.

Carruba, A., Torre, R. and Matranga, A., 2002. Cultivation trials of aromatic and medicinal plants in semiarid Mediterranean environment. Acta Horticulturae. 576, 207-216.

Carruthers, K., Prithiviraj, B.F.Q., Cloutier, D., Martin, R.C. and Smith, D.L., 2000.

Archive of SID

www.SID.ir

Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. European Journal of Agronomy. 12, 103–115.

Goudriaan, J. and Van Laar, H.H., 1993. Modelling Potential Crop Growth Processes. Kluwer Academic Press, The Netherland.

HassanzadehAval, F., Koocheki, A., Khazaie, H.R. and NassiriMahallati, M., 2012. Effect of plant density on growth indices of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research. 10(1), 75-83. (In Persian with English abstract).

Hosseinpanahi, F., Koocheki, A., NassiriMahallati, M. and Ghorbani1, R., 2009. Evaluation of yield and yield component in potato/corn intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research. 7(1), 23-29. (In Persian with English abstract).

Idinoba, M.E., Idinoba, P.A. and Gbadegesin, A.S., 2002. Radiation interception and its efficiency for dry matter production in three crop species in the transitional humid zone of Nigeria. Agronomie. 22, 273-281.

Koocheki, A., NassiriMahallati, M., Mondani, F., Feizi, H. and Amirmoradi, S., 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology. 1(1), 13-23.

Kyamanywa, S. and Ampofo, J.K.O., 1988. Effect of cowpea/maize mixed cropping on the incident light at the cowpea canopy and flower trips (*Thysanoptera thripidae*) population density. Crop Protection. 7, 186-187.

Maeffei, M. and Mucciarelli, M., 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crops Research. 84, 229-240.

Mandal, B.K., Das, D., Saha, A. and Mohsin, M., 1996. Yield advantage of wheat (*Triticum aestivum*) and chickpea (*Cicer arietinum*) under different spatial arrangements in intercropping. Indian Journal of Agronomy. 41 (1), 17-21.

Milford, G.F.J., Travis, K.Z., Pocock, 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.

Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M. and NassiriMahallati, M., 2009. Evaluating the benefit of ajowan and fenugreek intercropping different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research. 7(1), 271-281. (In Persian with English abstract).

Monteith, J.L., 1977. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Ecology. 9, 747-766.

Morgado, L.B. and Willey, R.W., 2003. Effects of plant population and nitrogen fertilizer on yield and efficiency of maize-bean intercropping. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 38, 1257-1264.

Muchow, R.C., Robertson, M.J. and Pengelly, B.C., 1993. Radiation use efficiency of soybean, mung bean and cowpea under different environmental conditions. Field Crops Research. 32, 1-16.

Mukhala, E., Juger, J.M. and Vanrensburg, L.D., 1999. Dietary nutrient deficiency in small-scale farming communities in South Africa benefits of intercropping maize and beans. Natural Research. 19, 629-641.

OmidBeigi, R., 1995. Production Approaches and Processing of Medicinal Plants, Vol. I. Fekr-e- Rooz Publication, Tehran, Iran.

Parsa, S., Koocheki, A., NassiriMahallati, M. and Ghaemi, A., 2007. Seasonal variation of radiation interception and radiation use efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 5(2), 229-239. (In Persian with English abstract).

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R. and RezvanBeidokhti, S., 2009. Effect of additive intercropping sorghum:cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Field Crops Research. 7(1), 85-95. (In Persian with English abstract).

Sinclair, T.R. and Horie, T., 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. Crop Science. 29, 90-98.

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, 17-29.

Tsubo, M., Walker, S. and Ogindo, H.O., 2005. A simulation model of cereal–legume intercropping systems for semi-arid regions: I. Model development. Field Crops Research. 93, 10-22.

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

Zhang, L., Vander Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S. Li, B. and Spiertz, J.H., 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research. 107, 29-42.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of radiation interception and use efficiency in row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Alireza Koocheki, Surur Khorramdel,* Afaneh Amin Ghafouri and Javad Shabahang
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding author: khorramdel@um.ac.ir

Abstract

Plant dry matter accumulation has a linear relationship with accumulative Photosynthetically Active Radiation (PAR). Intercropping could be an ecological strategy for increasing light interception in agronomic systems which may improve Radiation Use Efficiency (RUE). In order to evaluate the radiation interception and use efficiency of intercropped bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with borage (*Borago officinalis* L.), the present field study was conducted at the farm of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad during the 2009-2010 growing season. Treatments included one row of bean + one row of borage (1:1), two rows of bean + two rows of borage (2:2), three rows of bean + three rows of borage (3:3), four rows of bean + four rows of borage (4:4) with pure bean and borage as controls. Results indicated that leaf area index (LAI), radiation interception, total dry matter and RUE of bean and borage increased in all intercropping treatments compared with sole cropping. Intercropping benefited bean more than borage in all measured traits. Season-long mean RUE in bean varied between 0.77 g MJ^{-1} in 4:4 and 1.50 g MJ^{-1} in two rows of bean + two rows of borage. Also, season-long mean RUE of borage ranged from 0.63 g MJ^{-1} in 4:4 to 1.37 g MJ^{-1} in two rows of bean + two rows of borage. The highest LAI for bean (4.3) was obtained in two rows of bean + two rows of borage. In general, row and strip intercropping of bean with borage increased radiation use efficiency and combination of two rows of bean + two rows of borage was the most promising one.

Keyword: : Radiation interception, Leaf Area Index, Row intercropping, Total Dry Matter.

Archive of SID

www.SID.ir