



به‌زرای کشاورزی

دوره ۲۱ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۸

صفحه‌های ۲۴۶-۲۳۳

ارزیابی بهره‌وری آب و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر در کشت مخلوط با لگوم

- علی احسانی پور^{۱*}، حمید عباس‌دخت^۲، منوچهر قلی پور^۳، علیرضا ابدالی مشهدی^۳
 ۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
 ۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
 ۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
 تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی بهره‌وری آب، درصد بریکس، قطر میانگه، وزن خشک ریشه و ارتفاع ساقه نیشکر و میزان کلروفیل در برگ لگوم‌ها در کشت مخلوط نیشکر با گیاهان لگوم، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو مکان (شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر دهخدا و امام خمینی) در استان خوزستان به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و چهار تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل: کشت خالص نیشکر، خالص سویا، خالص لوبیا چشم‌بلبلی، خالص سویا + تلقیح با ریزوبیوم، خالص لوبیا چشم‌بلبلی + تلقیح با ریزوبیوم، خالص نیشکر + تلقیح با قارچ میکوریزا، مخلوط نیشکر و لوبیا، مخلوط نیشکر و سویا، مخلوط نیشکر و لوبیا چشم‌بلبلی + تلقیح با ریزوبیوم، مخلوط نیشکر و سویا + تلقیح با ریزوبیوم، مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم‌بلبلی، مخلوط نیشکر + تلقیح با میکوریزا و سویا، مخلوط نیشکر + تلقیح با میکوریزا و سویا + تلقیح با ریزوبیوم و مخلوط نیشکر + تلقیح با میکوریزا و لوبیا چشم‌بلبلی + تلقیح با ریزوبیوم بودند. نتایج نشان دادند بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب (۴/۴۶ کیلوگرم در مترمکعب)، ارتفاع ساقه (۲۱۵/۶ سانتی‌متر)، قطر میانگه در وسط ساقه (۴۲ میلی‌متر) و پایین ساقه (۴۶/۰۶ میلی‌متر)، وزن خشک ریشه (۱۸۷/۸ گرم) و درصد بریکس عصاره ساقه (۲۱/۸۸ درصد) در نیشکر مربوط به تیمار کشت مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با میکوریزا) به‌همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با ریزوبیوم) بود که به ترتیب ۳۱/۶۱ درصد، ۱۶/۱۴ درصد، ۳۲/۴۲ درصد، ۲۸/۳۵ درصد، ۸/۸۹ درصد، ۸/۳۱ درصد بیش‌تر از خالص نیشکر بود. میکوریزا با نیشکر هم‌زیستی مثبت داشت و زمانی که میکوریزا و لوبیا هم‌زمان در یک تیمار حضور داشتند اثر هم‌افزایی آن‌ها روی صفات مورد ارزیابی مثبت بود.

کلیدواژه‌ها: درصد بریکس، ریزوبیوم، سویا، لوبیا چشم‌بلبلی، میکوریزا.

Evaluation of Water Productivity and Some Quantitative and Qualitative Traits of Sugarcane in Intercropping with Legumes

Ali Ehsanipour^{1*}, Hamid Abbasdokht², Manouchehr Gholipour², Alireza Abdali Mashhadi³

1. Ph. D. Candidate, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Iran.

Received: March 8, 2019

Accepted: May 20, 2019

Abstract

In order to evaluate water productivity, brix percentage, internode diameter, root dry weight, sugarcane stem height, and chlorophyll content of legume leaves in intercropping of sugarcane with legume plants, an experiment has been conducted in a randomized complete block design with 14 treatments and four replications during 2016-17 at two locations in Ahwaz. The treatments include sole sugarcane, sole soybean, sole cowpea, sole soybean + rhizobium, sole cowpea + rhizobium, sole sugarcane + mycorrhizal, intercropping sugarcane with cowpea, intercropping sugarcane with soybean, intercropping sugarcane with cowpea + rhizobium, intercropping sugarcane with soybean + rhizobium, intercropping sugarcane + mycorrhizal and cowpea, intercropping sugarcane + mycorrhizal and soybean, intercropping sugarcane + mycorrhizal and soybean + rhizobium, and intercropping sugarcane + mycorrhizal and cowpea + rhizobium. Results show that the highest water productivity (4.46 k/m³), the highest sugarcane stem height (215.6 cm), the largest internode diameter in the middle (42 mm) and at the bottom (46.06 mm) of the stem, the highest dry weight roots (187.8 g), and the highest brix percentage (21.88 %) of sugarcane stem extract have belonged to intercropped sugarcane + mycorrhizal and cowpea + rhizobium treatment, which is 31.61%, 16.14%, 32.42%, 28.35%, 8.89%, and 8.31% higher than sole sugarcane. Mycorrhizal symbiosis has been positive in sugarcane, and when mycorrhizal fungi and cowpea are present simultaneously in a treatment, their synergistic effect on the evaluated traits is positive, too.

Keywords: Brix percentage, cowpea, mycorrhizal, rhizobium, soybean.

۱. مقدمه

از بین منابع مورد استفاده در کشاورزی، بیشترین مشکل، مربوط به کمبود نهاده پراهمیت آب است (Saboochi et al., 2010). راندمان آبیاری در ایران نزدیک به ۳۲ درصد و کارایی مصرف آب هفت دهم کیلوگرم عملکرد اقتصادی در متمرکعب است و برای بهبود استفاده از منابع آب لازم است کارایی مصرف آب به حدود ۱/۳ کیلوگرم در متمرکعب برسد (Ghaemi & Hasanabadi, 2011). کمبود آب یک مشکل معمول در اکثر مناطق تولید نیشکر در دنیا می‌باشد و عدم تأمین آب کافی و پایین بودن کارایی مصرف آب در مزارع کشت نیشکر که حدود ۶۰ درصد قند جهان و مقدار قابل توجهی بیواتانول را تأمین می‌کند باعث کاهش شدید در عملکرد نیشکر خواهد شد (Silva et al., 2013). با استفاده از کشت مخلوط می‌توان از شدت غیر قابل پیش‌بینی تنش خشکی و طول دوره آن کاست و افت عملکرد را کاهش داد (Khajeh Khezri et al., 2018). کارایی مصرف آب در سیستم‌های کشت مخلوط گندم-لوبیا سبز ۱۸ تا ۹۹ درصد بیش‌تر از کشت خالص بود زیرا در این کشت مخلوط، گندم و لوبیا از آب به‌خوبی استفاده کردند و کارایی مصرف آب نسبت به کشت خالص بالا رفت (Caihong et al., 2015).

مهم‌ترین مزایای کشت مخلوط، افزایش کارایی استفاده از منابع محیطی به‌ویژه آب، نور و نیتروژن در مقایسه با کشت خالص می‌باشد (Koochecki et al., 2013). یکی از روش‌های افزایش ماده خشک در واحد سطح استفاده از سیستم کشت مخلوط دو یا چند گیاه با هم در یک محل می‌باشد. کشت مخلوط غلات-حبوبات یکی از قدیمی‌ترین و معمول‌ترین انواع زراعت مخلوط است که در بسیاری از نقاط جهان گسترش یافته است (Sanjay & Sujit, 2014). بهره‌گیری از مخلوط گیاهان برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت

جذب عناصر غذایی و تأمین سلامتی گیاه از مهم‌ترین شیوه‌های علمی برای کمک به پایداری تعادل سیستم زنده خاک و جلوگیری از خطر تراکم آلاینده‌های شیمیایی در محیط زیست محسوب می‌شود (Koochecki et al., 2013).

در تحقیقی گزارش شد کشت مخلوط نیشکر با پیاز، سیر، سیب زمینی و کلم با سیستم آبیاری فارویی به‌ترتیب باعث ۲۶، ۲۶، ۴۶ و ۳۰ درصد افزایش بهره‌وری آب نسبت به کشت خالص نیشکر شد (Tripath & Lawande, 2005). در تحقیقی دیگر کارایی مصرف آب در کشت مخلوط نیشکر با نخود ۱۸/۴۸ درصد بیش‌تر از کشت خالص نیشکر شد (Kshirsagar, 2008). در تحقیقی گزارش شد که تلقیح سورگوم شیرین، ذرت، آفتابگردان با میکوریزا از طریق افزایش ماده خشک در تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ نسبت به شاهد، باعث افزایش کارایی مصرف آب شد (Eulenstein et al., 2017). در مطالعه‌ای دیگر تأثیر مثبت میکوریزا در تلقیح با نیشکر (رقم Cp57) روی افزایش ارتفاع ساقه نیشکر به میزان سه سانتی‌متر نسبت به تیمار عدم تلقیح با میکوریزا گزارش شد (Maghamiyanzade et al., 2013). در تحقیقی اعلام شد که تلقیح نیشکر با میکوریزا به میزان ۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار مایه تلقیح باعث افزایش ۲۸/۹ درصد ارتفاع ساقه و ۲۲/۸ درصد قطر میانگه نسبت به شاهد شد (Surendran, 2013). در تحقیقی گزارش شد که تلقیح نیشکر با میکوریزا باعث افزایش ۴۶ درصد عملکرد ساقه در نیشکر شد (Ambrosano et al., 2010).

نیشکر با نام علمی *Saccharum officinarum* گیاه غول پیکر و قوی‌ترین گیاه زراعی در تبدیل انرژی خورشیدی به ماده خشک گیاهی می‌باشد (Bhat et al., 2010). محصول نیشکر به‌عنوان یک ماده خام اساسی در صنایع قند و شکر به‌شمار می‌رود (Seraj-aladin et al.,

ارزیابی بهره‌وری آب و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر در کشت مخلوط با لگوم

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو مکان (شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر دهخدا و امام خمینی) با فاصله ۶۰ کیلومتر از یکدیگر در استان خوزستان در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار در چهار تکرار به اجرا در آمد. موقعیت شرکت دهخدا، ارتفاع از سطح دریا ۲۰ متر، طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و موقعیت شرکت امام خمینی، ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر، طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۸ درجه و ۶۴ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۹۱ دقیقه شمالی بود. ویژگی‌های آب وهوایی دو مکان مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

باکتری‌های ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزا می‌توانند توان رقابتی گیاهان را برای جذب آب و عناصر غذایی افزایش دهند (Eulenstein et al., 2017; Marzban et al., 2014). بنابراین، یکی از اهداف این تحقیق ارزیابی تأثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی نیشکر می‌باشد. یکی دیگر از اهداف این تحقیق، بررسی تأثیر کشت مخلوط نیشکر با لگوم و تأثیر تلقیح نیشکر با میکوریزا در بهبود بهره‌وری آب در فرآیند تولید نیشکر در استان خوزستان می‌باشد. تلاش در جهت افزایش بهره‌وری آب از طریق روش‌هایی همانند کشت مخلوط، افزایش کارایی زنجیره تأمین شکر در کشور را در پی خواهد داشت.

جدول ۱. ویژگی‌های آب وهوایی مناطق مورد آزمایش در طول اجرای تحقیق

میانگین دمای هوا (°C)																		
سال	۱۳۹۵									۱۳۹۶								
مکان	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئ	ژوئن	ژوئیه	اگست	سپتامبر	اکتوبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئ	
دهخدا	۳۷/۲	۳۴/۵	۲۷/۸	۲۳/۰	۱۳/۹	۱۳/۷	۱۲/۵	۱۷/۷	۲۳/۸	۳۴/۸	۳۷/۴	۳۸/۰	۳۵/۳	۲۸/۸	۲۳/۱	۱۴/۷	۱۴/۷	
امام	۳۸/۶	۳۶/۲	۲۹/۱	۲۳/۶	۱۴/۹	۱۴/۹	۱۴/۹	۱۸/۳	۲۴/۴	۳۶/۸	۳۹/۶	۳۹/۷	۳۶/۶	۳۰/۳	۲۴/۳	۱۵/۹	۱۵/۹	
مجموع بارندگی (mm)																		
سال	۱۳۹۵									۱۳۹۶								
مکان	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئ	ژوئن	ژوئیه	اگست	سپتامبر	اکتوبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئ	
دهخدا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۸	۲۴/۵	۲۴/۰	۶/۰	۲۵/۴	۲۱/۳	۰	۰	۰	
امام	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸	۱۵/۶	۱۲/۹	۵/۲	۱۶/۵	۱۷/۳	۰	۰	۰	
میانگین رطوبت نسبی هوا (%)																		
سال	۱۳۹۵									۱۳۹۶								
مکان	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئ	ژوئن	ژوئیه	اگست	سپتامبر	اکتوبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئ	
دهخدا	۴۱/۱	۴۲/۶	۴۵/۱	۴۸/۷۸	۵۶/۷	۶۸/۶	۵۸/۷	۵۳/۲	۵۰/۵	۳۶/۳	۲۸	۳۶/۸	۴۱/۸	۳۷/۲	۵۳/۶	۶۳/۹	۶۳/۹	
امام	۳۰	۲۷	۲۹	۴۴	۴۹	۶۰	۵۴	۴۷	۴۳	۲۵/۵	۳۳	۴۱	۴۴	۳۵	۴۹	۵۷	۵۷	

استخراج شده از اداره کل هواشناسی استان خوزستان.

بهره‌وری آب^۱ (کیلوگرم در مترمکعب) از حاصل تقسیم عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) بر مقدار آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) در طول فصل رشد و بدون احتساب مقدار بارندگی از رابطه (۱) محاسبه گردید (Alizadeh, 2006).

رابطه (۱) کل آب مصرفی / کل عملکرد = بهره‌وری آب برای تعیین حجم آب ورودی به کرت‌ها، از درجه‌های مدول نیرپیک (مدل XX2، فرانسه) با خروجی حداکثر ۱۵۰ لیتر در ثانیه، و برای محاسبه آن از رابطه (۲) استفاده شد (Alizadeh, 2006).

$$Q_1 = V / T \quad \text{رابطه ۲}$$

$$Q_2 = Q_1 / A$$

Q_1 = دبی آب ورودی به کرت (مترمکعب در ثانیه)، V = حجم آب، T = زمان، Q_2 = دبی آب ورودی به کرت (مترمکعب در هکتار)، A = مساحت کرت مورد نظر (هکتار) به‌منظور تعیین اثر تیمارها بر وزن خشک ریشه نیشکر، در زمان برداشت نیشکر در اطراف بوته مورد نظر، از سطح خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری در مساحت ۱ مترمربع حفاری انجام شد. پس از شست‌وشوی ریشه‌ها، وزن خشک آن‌ها پس از قرار دادن در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد. زمانی که میانگین شاخص سطح برگ در هر گیاه به حداکثر خود رسید (۱۵ مهرماه ۱۳۹۵ برای لگوم‌ها و ۱۵ مردادماه ۱۳۹۶ برای نیشکر)، از هر کرت ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و پنج برگ از قسمت بالای کانوپی انتخاب و به‌وسیله دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502، ژاپن) میزان کلروفیل کل، در سه نقطه از هر برگ اندازه‌گیری شد و سپس میانگین سه نقطه به‌عنوان کلروفیل تک‌برگ و میانگین پنج برگ به‌عنوان کلروفیل تمام برگ‌ها و میانگین کلروفیل برگ ۱۰ بوته به‌عنوان کلروفیل

تیمارها عبارت بودند از: کشت خالص نیشکر، خالص سویا، خالص لوبیا چشم‌بلبلی، خالص سویا+ تلقیح با باکتری ریزوبیوم، خالص لوبیا چشم‌بلبلی+ تلقیح با ریزوبیوم، خالص نیشکر+ تلقیح با قارچ میکوریزا، مخلوط نیشکر و لوبیا چشم‌بلبلی، مخلوط نیشکر و سویا، مخلوط نیشکر و لوبیا چشم‌بلبلی+ تلقیح با ریزوبیوم، مخلوط نیشکر و سویا+ تلقیح با ریزوبیوم، مخلوط نیشکر+ تلقیح با میکوریزا و لوبیا چشم‌بلبلی، مخلوط نیشکر+ تلقیح با میکوریزا و سویا، مخلوط نیشکر+ تلقیح با میکوریزا و سویا+ ریزوبیوم و مخلوط نیشکر+ تلقیح با میکوریزا و لوبیا چشم‌بلبلی+ تلقیح با ریزوبیوم. هر کرت با عرض ۷/۳۲ متر از چهار ردیف به‌طول هشت متر تشکیل شد. فاصله بین مرکز هر دو تا جوی ۱۸۳ سانتی‌متر بود که قلمه‌های نیشکر (رقم Cp69-1062) با تراکم سه قلمه ۶۰ سانتی‌متری در مترمربع در کف جوی و لوبیا چشم‌بلبلی (اکوتیپ محلی اهواز) با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و سویا (رقم کتول) با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع در بین خطوط کشت نیشکر (روی خط داغاب پشته‌ها با فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر) در نیمه اول مردادماه ۱۳۹۵ کشت شدند. کشت مخلوط به‌صورت افزایشی با تراکم ۱۰۰ درصد نیشکر به‌همراه ۱۰۰ درصد لوبیا و ۱۰۰ درصد نیشکر به‌همراه ۱۰۰ درصد سویا در کرت‌های جداگانه انجام شد. باکتری‌های ریزوبیوم لگومینوزاروم (لوبیا) و برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم (سویا) از شرکت زیست فناوری پیشناز واریان و قارچ میکوریزا گلوموس موسه (برای نیشکر) از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند. برای تلقیح بذره‌های لگوم، میزان هشت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده گردید و در تیمارهای تلقیح قلمه‌های نیشکر با قارچ میکوریزا، در زمان کشت میزان ۱۵ گرم مایه تلقیح قارچ در کف جوی زیر هر قلمه نیشکر قرار داده شد (Asadi Rahmani, 2010).

1. Water Productivity

ارزیابی بهره‌وری آب و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر در کشت مخلوط با لگوم

بیش‌تر از کشت خالص نیشکر بود و بیش‌ترین مقدار آن ۳۱/۶۱ درصد بیش‌تر از خالص نیشکر بود که در تیمار مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا) به‌همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم) حاصل شد و کم‌ترین آن به کشت خالص نیشکر مربوط بود (جدول ۳). بیش‌ترین بهره‌وری آب در هر دو مکان در تیمار کشت مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا) به‌همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم) به‌دست آمد (جدول ۵)، اما میزان آن در شرکت دهخدا ۱۳/۴۷ درصد بیش‌تر از شرکت امام خمینی بود (جدول ۴). بنابراین بهترین تیمار، مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا) به‌همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم) می‌باشد. با توجه به این‌که میزان کل آب مصرفی در کرت‌های کشت مخلوط و کشت خالص یکسان (۲۸۶۰۰ مترمکعب در هکتار) بود و هیچ نوبت آبیاری اختصاصی برای نیشکر و یا برای گیاهان لگوم به‌صورت جداگانه انجام نشد، بنابراین می‌توان اظهار کرد ماده خشک تولیدشده در کشت‌های مخلوط بیش‌تر از کشت خالص بود که باعث افزایش بهره‌وری آب در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شد. یکی دیگر از دلایل افزایش بهره‌وری آب در کشت مخلوط نیشکر با لگوم را می‌توان کاهش تبخیر آب از سطح خاک (به‌خاطر وجود پوشش گیاهی بیش‌تر روی زمین) نسبت به کشت خالص دانست چون این موضوع باعث می‌شود ریشه نیشکر و لگوم در کرت‌های مخلوط بتوانند مدت زمان بیش‌تری از رطوبت موجود در خاک استفاده بکنند. نتیجه یک پژوهش در خصوص کشت مخلوط سورگوم با لوبیا قرمز که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد نشان داد کشت مخلوط باعث افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۲۹/۴ درصد در سورگوم و ۱۲/۲ درصد در لوبیا قرمز شد (Khajeh Khezri et al., 2018).

بالای کانوپی لحاظ شد. چنین کاری برای کلروفیل پایین کانوپی نیز انجام شد.

عصاره ۲۰ نی از هر کرت با استفاده از دستگاه آسیاب (سه غلطکی، ایران) استخراج و درصد بریکس آن با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (Rx-5000 α ، ژاپن) با دقت ۰/۰۱ درصد قرائت شد (Clements, 1980). در زمان برداشت نیشکر (آذرماه ۱۳۹۶، زمانی‌که درجه خلوص شربت نیشکر بالای ۸۴ درصد رسید) از دو ردیف میانی هر کرت با در نظر گرفتن دو متر حاشیه از بالا و پایین کرت، ۲۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و میانگین ارتفاع آن‌ها از سطح زمین تا گوشوارک بالاترین برگ سبز (Clements, 1980) به‌وسیله متر اندازه‌گیری شد و برای سنجش قطر نهایی ساقه از همان ۲۰ بوته، قطر میانگره وسط ساقه و پایین ساقه به‌وسیله کولیس اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان قطر وسط و پایین ساقه لحاظ شد. برای آنالیز صفات مختص به نیشکر، تیمارهای خالص لوبیا چشم‌بلبلی و خالص سویا لحاظ نشدند و تعداد ۱۰ تیمار مورد آنالیز قرار گرفتند. در مورد کلروفیل برگ در لگوم‌ها، فقط تیمارهای مختص به لوبیا چشم‌بلبلی (شش تیمار) و فقط تیمارهای مختص به سویا (شش تیمار) جداگانه آنالیز شدند. قبل از تجزیه مرکب جهت تست همگنی واریانس‌ها آزمون بارتلت انجام گرفت. آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c (نسخه ۳۲ بیتی) انجام شد و میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. بهره‌وری آب

مکان‌ها و تیمارهای مختلف و همچنین اثرات متقابل آن‌ها روی بهره‌وری آب در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). بهره‌وری آب در کشت‌های مخلوط

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب بهره‌وری آب و خصوصیات کمی، کیفی نیشکر تحت تأثیر مکان‌ها و تیمارهای مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		بهره‌وری آب	ارتفاع ساقه	قطر میانگره در وسط ساقه	قطر میانگره در پایین ساقه	وزن خشک ریشه نیشکر	بریکس در شربت				
مکان	۱	۱/۷۴**	۷/۸۱ ^{ns}	۱۵۲/۶۲**	۰/۹ ^{ns}	۲۴۲۵/۰۶**	۲۰/۷۱*	کلروفیل برگ‌ها در کانوبی پایین	۹۹/۹*	کلروفیل برگ‌ها در کانوبی بالا	۳۰/۵*
تکرار (مکان)	۶	۰/۰۰۶	۱۰۷۰/۳۲	۷/۴۲	۵/۰۹	۱۱/۰۲	۱/۸۵		۹/۷۱	۲/۵۳	
تیمار	۹	۱/۵۸**	۱۵۸۶/۹**	۲۱۵/۲۱**	۲۱۳/۶۸**	۱۲۰۰/۸۴**	۵/۶۸**		۸۳/۲۱**	۶۴/۴۴**	
مکان × تیمار	۹	۰/۰۴**	۹۰/۲۵**	۵/۸۶**	۳/۸۴**	۱۱/۵۴**	۰/۰۲ ^{ns}		۲/۰۸**	۱/۱۱**	
خطای آزمایش	۵۴	۰/۰۰۳	۱۷/۷۳	۰/۷	۰/۹۱	۱/۰۰۴	۰/۰۴۷		۰/۵۳	۰/۳۹	
ضریب تغییرات (%)	-	۹/۸۷	۱۰/۳۱	۱۱/۷۳	۱۰/۸۷	۱۱/۶۹	۴/۵۴		۱۰/۴۴	۱۰/۳۹	

ns و **، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

۲.۳. ارتفاع و قطر ساقه نیشکر

یکی از شاخص‌های مهم در برنامه واقعه‌نگاری گیاهی (Crop Logging) صنعت نیشکر، ارتفاع ساقه است و در انجام مدیریت‌های مختلف از آن استفاده می‌گردد (Clements, 1980). تأثیر تیمارهای مختلف بر ارتفاع ساقه نیشکر، قطر میانگره وسط و قطر میانگره پایین ساقه نیشکر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و همچنین مکان‌های مختلف تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی قطر میانگره وسط ساقه نیشکر داشتند ولی تفاوت معنی‌داری روی ارتفاع ساقه و قطر میانگره پایین ساقه نیشکر نداشتند. اثر متقابل مکان‌ها و تیمارهای مختلف روی ارتفاع ساقه، قطر میانگره وسط و پایین ساقه نیشکر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین ارتفاع ساقه و قطر میانگره در وسط و پایین ساقه نیشکر در مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با قارچ) به‌همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با باکتری) به‌دست آمد (جدول ۳) که به‌ترتیب ۱۶/۱۴، ۳۲/۴۲ و ۲۸/۳۵ درصد بیش‌تر از کشت خالص نیشکر بود. ارتفاع ساقه نیشکر در تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ بیش‌تر از تیمارهای عدم تلقیح با قارچ و در تیمارهای مخلوط با لوبیا

نتایج تحقیق حاضر همسو با نتایج برخی پژوهشگران دیگر در خصوص افزایش کارایی مصرف آب در کشت مخلوط به‌دنبال افزایش عملکرد اقتصادی می‌باشد (Rahman et al., 2017; Khoramivafa et al., 2011). بهره‌وری آب در تیمارهایی که نیشکر با قارچ تلقیح‌شده بود بیش‌تر از همان تیمار در حالت بدون تلقیح با میکوریزا می‌باشد (جدول ۳). سیستم‌های ریشه‌ای گسترده قادرند رطوبت را از بخش‌های زیرین خاک با کارایی بالاتر جذب نمایند. بنابراین توسعه سیستم ریشه‌ای توسط قارچ میکوریزا، سبب افزایش بهره‌وری آب از خاک می‌شود. به این صورت که با گسترش کلونیزاسیون قارچ میکوریزا و رشد هیف‌های آن، جذب آب و عناصر غذایی و انتقال آن‌ها از خاک به سمت ریشه‌های میزبان (نیشکر) افزایش می‌یابد. می‌توان انتظار افزایش کارایی استفاده از آب موجود در مزرعه توسط گیاه میزبان (نیشکر) را نیز داشت (Eulenstein et al., 2017). با توجه به این‌که افزایش بهره‌وری آب در تمام تیمارهایی که نیشکر با میکوریزا هم‌زیست شده بود دیده شد، می‌توان اظهار کرد شرایط شرکت دهخدا برای هم‌زیست شدن میکوریزا با ریشه نیشکر بهتر از شرکت امام خمینی بوده است.

ارزیابی بهره‌وری آب و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر در کشت مخلوط با لگوم

نیشکر در تیمارهای مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط این لگوم می‌باشد. نیتروژنی که توسط فرآیند تثبیت زیستی لگوم تولید و فراهم می‌شود، به دلیل این که به‌طور تدریجی آزاد می‌شود و میزان فراهمی آن نیز تا حد زیادی با نیاز گیاه غیر لگوم منطبق است، به مراتب تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد (ارتفاع) محصول خواهد داشت (Sulieman & Phan-Tran, 2014).

چشم‌بلبلی بیش‌تر از تیمارهای مخلوط با سویا و کشت خالص بود. قطر میانگه وسط ساقه نیشکر در شرکت دهخدا بیش‌تر از شرکت امام بود (جدول ۴) که این موضوع می‌تواند به دلیل شرایط بهتر خاک از نظر عناصر غذایی و هدایت الکتریکی خاک (جدول ۶) و محیطی از نظر رطوبت نسبی (جدول ۱) برای فتوسنتز و ذخیره مواد کربوهیدراتی در ساقه باشد. با توجه به جدول‌های ۳ و ۶ می‌توان اظهار کرد یکی از دلایل افزایش ارتفاع ساقه

جدول ۳. مقایسه میانگین بهره‌وری آب و خصوصیات کمی، کیفی نیشکر تحت تأثیر تیمارهای مختلف

تیمار	بهره‌وری آب (kg.m ⁻³)	بریکس در شربت (%)	ارتفاع ساقه (cm)	قطر میانگه در وسط ساقه (mm)	قطر میانگه در پایین ساقه (mm)	کلروفیل برگ‌ها در کانوپی بالا	کلروفیل برگ‌ها در کانوپی پایین (gr)	وزن خشک ریشه
نیشکر خالص	۳/۰۵h	۲۰/۱۲d	۱۸۰/۸c	۲۸/۹۴f	۳۳/۲۵f	۴۲/۵۳f	۴۴/۹f	۱۷۱/۴b
نیشکر خالص + میکوریزا	۳/۲۶g	۲۱/۵۱c	۲۰۷/۲b	۳۹/۰c	۴۳/۴۴c	۴۷/۳۹e	۵۰/۴۱e	۱۸۷/۳a
مخلوط نیشکر و لوبیا	۴/۰۹d	۲۱/۲۷c	۲۰۳/۵b	۳۴/۹۴e	۳۹/۳۱e	۴۸/۳۵d	۵۱/۸۱d	۱۷۱/۱b
مخلوط نیشکر و سویا	۳/۷۴f	۲۰/۰۶d	۱۷۹/۸c	۲۸/۳۸f	۳۳/۰f	۴۴/۴۵f	۴۶/۵۵f	۱۷۱/۴b
مخلوط نیشکر و لوبیا + باکتری	۴/۱۷c	۲۱/۱۱c	۲۰۷/۳b	۳۷/۵۶d	۴۲/۳۸d	۴۹/۳۸c	۵۲/۸c	۱۷۱/۳b
مخلوط نیشکر و سویا + باکتری	۳/۷۵f	۲۰/۱۷d	۱۸۰/۱c	۲۸/۶۳f	۳۳/۳۱f	۴۴/۱۶f	۴۶/۷۵f	۱۷۱/۵b
مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا	۴/۳۴b	۲۱/۸۴a	۲۱۲/۵a	۴۰/۳۱b	۴۴/۸۸b	۵۰/۹۶b	۵۴/۴b	۱۸۷/۵a
مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا	۳/۹e	۲۱/۶۱bc	۲۰۶/۶b	۳۸/۶۹c	۴۳/۵۶c	۴۷/۶۱e	۵۰/۶۴e	۱۸۷/۷a
مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا + باکتری	۳/۸۶e	۲۱/۷۷ab	۲۰۷/۱b	۳۸/۵c	۴۳/۲۵cd	۴۷/۸۱de	۵۰/۶۱e	۱۸۷/۵a
مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا + باکتری	۴/۴۶a	۲۱/۸۸a	۲۱۵/۶a	۴۲/۰a	۴۶/۰۶a	۵۲/۲۹a	۵۵/۷۵a	۱۸۷/۸a

اعدادی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند، اختلاف میانگین آن‌ها طبق آزمون دانکن، در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۴. مقایسه میانگین بهره‌وری آب و خصوصیات کمی، کیفی نیشکر و لگوم‌ها تحت تأثیر مکان‌های مختلف

صفات	شرکت دهخدا	شرکت امام خمینی
بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۴/۲۱ a	۳/۷۱ b
وزن خشک ریشه نیشکر (گرم)	۱۸۹/۴۷ a	۱۷۵/۴۶ b
بریکس در شربت نیشکر (درصد)	۲۱/۴۴ a	۲۰/۴۲ b
قطر میانگه در وسط ساقه نیشکر (میلی‌متر)	۳۷/۰۷ a	۳۴/۳۱ b
کلروفیل برگ‌ها در کانوپی بالای نیشکر	۴۸/۲۵ a	۴۷/۰۱ b
کلروفیل برگ‌ها در کانوپی پایین نیشکر	۵۱/۷۶ a	۴۹/۵۲ b
کلروفیل برگ‌ها در کانوپی بالای لوبیا	۴۸/۲۲ a	۴۷/۲۴ b
کلروفیل برگ‌ها در کانوپی پایین لوبیا	۵۲/۳۱ a	۵۱/۲۲ b
کلروفیل برگ‌ها در کانوپی بالای سویا	۳۹/۴۷ a	۳۸/۴۱ b
کلروفیل برگ‌ها در کانوپی پایین سویا	۴۲/۸ a	۴۱/۷۸ b

باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه غیر لگوم گردد (Salemzadeh et al., 2014). بیشترین ارتفاع ساقه، بیشترین قطر میانگره وسط ساقه و بیشترین قطر میانگره پایین ساقه در شرکت دهخدا و در تیمار مخلوط نیشکر (تلقیح شده با میکوریزا) به همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح شده با ریزوبیوم) به دست آمد (جدول ۵).

۳.۳. درصد بریکس در نیشکر

تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد بریکس در شربت ساقه نیشکر در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. مکان‌های مختلف در سطح پنج درصد تأثیر معنی داری روی درصد بریکس داشتند ولی اثر متقابل مکان‌ها و تیمارهای مختلف تأثیر معنی داری روی این صفت نداشتند (جدول ۲). بیشترین درصد بریکس ساقه نیشکر مربوط به تیمار مخلوط نیشکر (تلقیح شده با میکوریزا) به همراه لوبیا (تلقیح شده با ریزوبیوم) بود (جدول ۳) که ۸/۳۱ درصد بیش‌تر از خالص نیشکر بود. در تحقیقی گزارش شد تلقیح نیشکر با میکوریزا به میزان ۱۸/۵ کیلوگرم مایه تلقیح در هکتار باعث افزایش ۷/۵ درصد بریکس نسبت به شاهد شد (Surendran, 2013). در تحقیقی دیگر اعلام شد درصد بریکس در نیشکر در کشت مخلوط با شلغم، هویج، تربچه و سیب‌زمینی به ترتیب ۰/۲۱، ۰/۳، ۰/۲۴ و ۰/۰۹ بیش‌تر از کشت خالص نیشکر شد (Singh et al., 2018). در تیمارهایی که لوبیا چشم‌بلبلی وجود داشت به دلیل تثبیت زیستی نیتروژن و در اختیار قراردادن مقدار بیش‌تر آن برای ریشه نیشکر، درصد بریکس نیز بیش‌تر از شاهد شد که این موضوع برتری حضور لوبیا چشم‌بلبلی به‌عنوان لگوم در سیستم مخلوط با نیشکر را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان اظهار کرد میکوریزا به دلیل نقش مثبتی که در افزایش جذب عناصر به‌ویژه فسفر توسط ریشه نیشکر در رابطه هم‌زیستی دارد باعث بهبود صفت کیفی درصد بریکس در

عدم تفاوت معنی‌دار ارتفاع ساقه نیشکر بین تیمارهای مخلوط با سویا و کشت خالص در این تحقیق، حاکی از عدم هم‌زیستی بین باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم و ریشه سویا و در نتیجه عدم تثبیت نیتروژن توسط سویا می‌باشد. این نتیجه همسو با یافته Ghodrati (2011) در شمال استان خوزستان مبنی بر عدم هم‌زیستی باکتری با ریشه سویا و بر خلاف گزارش Shokohfar et al. (2009) مبنی بر هم‌زیست شدن باکتری با سویا می‌باشد. دلیل عدم هم‌زیستی باکتری با سویا در این تحقیق می‌تواند نامساعد بودن شرایط منطقه از نظر خاک و یا دما باشد. تأثیر مثبت میکوریزا روی ارتفاع ساقه نیشکر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از جمله سیتوکینین باشد که توسط قارچ میکوریزا در خاک تولید می‌شود (Mishra, 2000). در تحقیقی که Kelly et al. (2005) نیز روی تأثیر قارچ میکوریزا بر نیشکر داشتند بر تأثیر مثبت میکوریزا روی عملکرد و ارتفاع ساقه نیشکر تأکید نمودند که همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. اثر مثبت هم‌افزایی حضور هم‌زمان قارچ و لوبیا چشم‌بلبلی در مورد افزایش ارتفاع و قطر ساقه نیشکر مشهود است. این موضوع که تفاوت معنی‌داری بین اندازه قطر ساقه در تیمارهای مخلوط با سویا و کشت خالص دیده نمی‌شود نشانه‌ای از عدم هم‌زیست شدن باکتری با ریشه سویا می‌باشد. بر اساس جدول ۵ می‌توان نتیجه گرفت که وجود لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار مخلوط به دلیل تثبیت و در اختیار قراردادن مقدار بیش‌تری نیتروژن در محیط ریشه نیشکر باعث افزایش قطر ساقه نیشکر می‌شود. نتایج این تحقیق در خصوص تأثیر مثبت گیاه لگوم (لوبیا چشم‌بلبلی) روی افزایش ارتفاع و قطر ساقه نیشکر همسو با یافته‌های دیگر محققین می‌باشد چنان‌که در تحقیقی گزارش شد لوبیا چشم‌بلبلی از طریق تثبیت زیستی، توانست مقداری از نیتروژن مورد نیاز گیاه ذرت را با حداقل تلفات در اختیار ریشه آن قرار داده و

ارزیابی بهره‌وری آب و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر در کشت مخلوط با لگوم

شربت نیشکر شد. درصد بریکس نیشکر در شرکت دهخدا بیشتر تر از شرکت امام خمینی بود (جدول ۴) که این موضوع احتمالاً به دلیل شرایط بهتر شرکت دهخدا (جدول ۶) می‌باشد.

جدول ۵. مقایسه میانگین بهره‌وری آب و خصوصیات کمی، کیفی نیشکر تحت اثرات متقابل تیمارها و مکان‌های گوناگون

مکان	تیمار	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	قطر میانگره وسط ساقه (میلی‌متر)	قطر میانگره پایین ساقه (میلی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	کلروفیل برگ‌ها در کانویی بالایی نیشکر	کلروفیل برگ‌ها در کانویی پایین نیشکر
دهخدا	نیشکر خالص	۳/۱۱	۱۷۶/۴ g	۲۹/۱۳ h	۳۲/۰ j	۱۷۶/۸ c	۴۳/۹۵ i	۴۷/۰۸ ij
دهخدا	نیشکر خالص + میکوریزا	۳/۲۵ k	۲۰۹/۶ bcd	۴۰/۸۸ c	۴۴/۱۳ cd	۱۸۸/۲ a	۴۸/۱ ef	۵۱/۹۷ e
دهخدا	مخلوط نیشکر و لوبیا	۴/۳ c	۲۰۵/۵ cde	۳۶/۳۸ f	۳۹/۵ g	۱۷۶/۷ c	۴۹/۰۵ d	۵۳/۰۵ d
دهخدا	مخلوط نیشکر و سویا	۳/۹ gh	۱۷۴/۹ g	۲۸/۸۸ hi	۳۲/۶۳ ij	۱۷۶/۸ c	۴۴/۶۷ i	۴۶/۹۵ ijk
دهخدا	مخلوط نیشکر و لوبیا + باکتری	۴/۳۷۵ c	۲۰۹/۶ bcd	۳۹/۰ d	۴۲/۶۳ f	۱۷۶/۶ c	۵۰/۱۷ c	۵۴/۴۲ c
دهخدا	مخلوط نیشکر و سویا + باکتری	۳/۹۲ gh	۱۷۵/۸ g	۲۸/۶۳ hi	۳۲/۶۳ ij	۱۷۶/۸ c	۴۴/۴ i	۴۷/۴ i
دهخدا	مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا	۴/۵۲ b	۲۱۴/۹ ab	۴۲/۳۸ b	۴۵/۲۵ abc	۱۸۸/۱ a	۵۱/۵۵ b	۵۵/۷۸ b
دهخدا	مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا	۴/۰۷ de	۲۰۹/۳ bcd	۴۰/۸۸ c	۴۴/۰ cde	۱۸۸/۱ a	۴۸/۷۵ de	۵۱/۵۳ ef
دهخدا	مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا + باکتری	۴/۰۳ ef	۲۰۹/۹ bcd	۴۰/۸۸ c	۴۴/۳۸ cd	۱۸۸/۳ a	۴۸/۶۵ de	۵۱/۹۲ e
دهخدا	مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا + باکتری	۴/۶۲ a	۲۱۷/۸ a	۴۳/۷۵ a	۴۶/۳۸ a	۱۸۸/۴ a	۵۳/۲۸ a	۵۷/۵۳ a
امام	نیشکر خالص	۳/۰ m	۱۸۵/۳ f	۲۸/۷۵ hi	۳۴/۵ h	۱۶۸/۰ d	۴۳/۸۵ i	۴۵/۹۷ k
امام	نیشکر خالص + میکوریزا	۳/۲۷ k	۲۰۴/۸ cde	۳۷/۱۳ ef	۴۲/۷۵ ef	۱۸۰/۳ b	۴۶/۶۷ h	۴۸/۸۵ h
امام	مخلوط نیشکر و لوبیا	۳/۸۷ h	۲۰۱/۵ e	۳۳/۵ g	۳۹/۱۳ g	۱۶۸/۶ d	۴۷/۶۵ fg	۵۰/۵۸ fg
امام	مخلوط نیشکر و سویا	۳/۵۷ j	۱۸۴/۶ f	۲۷/۸۸ i	۳۳/۳۸ hi	۱۶۸/۹ d	۴۴/۲۲ i	۴۶/۱۵ jk
امام	مخلوط نیشکر و لوبیا + باکتری	۳/۹۷ fg	۲۰۴/۹ cde	۳۶/۱۳ f	۴۲/۱۳ f	۱۶۷/۱ d	۴۸/۵۸ de	۵۱/۱۷ ef
امام	مخلوط نیشکر و سویا + باکتری	۳/۵۷ j	۱۸۴/۴ f	۲۸/۶۳ hi	۳۴/۰ h	۱۶۷/۲ d	۴۳/۹۲ i	۴۶/۵ ijk
امام	مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا	۴/۱۵ d	۲۱۰/۱ bc	۳۸/۲۵ de	۴۴/۵ bc	۱۷۹/۹ b	۵۰/۳۸ c	۵۳/۰۳ d
امام	مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا	۳/۷۲ i	۲۰۴/۰ de	۳۶/۵ f	۴۳/۱۳ def	۱۸۰/۴ b	۴۶/۴۷ h	۴۹/۷۵ gh
امام	مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا + باکتری	۳/۷ i	۲۰۴/۴ cde	۳۶/۱۳ f	۴۲/۱۳ f	۱۸۰/۲ b	۴۶/۹۷ gh	۴۹/۳ h
امام	مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا + باکتری	۴/۳ c	۲۱۳/۴ ab	۴۰/۲۵ c	۴۵/۷۵ ab	۱۸۰/۰ b	۵۱/۳ b	۵۳/۹۷ cd

اعدادی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند، اختلاف میانگین آنها طبق آزمون دانکن، در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۶. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش (در عمق ۰ تا ۳۰ cm)

مکان	زمان نمونه برداری	بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام)	پتاسیم محلول (پی‌پی‌ام)	نیترژن کل (درصد)
دهخدا	قبل از کشت	سیلتی - کلی	۳/۰۲	۷/۹	۱۲/۸۹	۲۵۸	۰/۰۷
دهخدا	بعد از برداشت لگوم‌ها	سیلتی - کلی	۲/۵۸	۷/۹۶	۱۳/۳۱	۲۵۲	۰/۱
امام	قبل از کشت	کلی - لوم	۴/۲۸	۸/۸	۱۱/۵	۲۴۰	۰/۰۵
امام	بعد از برداشت لگوم‌ها	کلی - لوم	۳/۷	۸/۹	۱۱/۸۶	۲۳۶	۰/۰۹

۴.۳. وزن خشک ریشه نیشکر

تأثیر مکان‌ها و تیمارهای مختلف و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک ریشه نیشکر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین وزن خشک ریشه نیشکر در مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با میکوریزا) به‌همراه لویا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با ریزوبیوم) به‌دست آمد که ۸/۸۹ درصد بیش‌تر از خالص نیشکر بود، البته با دیگر تیمارهایی که نیشکر با میکوریزا تلقیح شد تفاوتی نداشت (جدول ۳). وزن خشک ریشه نیشکر در تیمارهای دارای میکوریزا بیش‌تر از دیگر تیمارها و همچنین در شرکت دهخدا بیش‌تر از شرکت امام بود (جدول‌های ۴ و ۵). افزایش وزن خشک ریشه در تیمارهای تلقیح‌شده با میکوریزا نسبت به تیمارهای عدم تلقیح به دلیل نقش مثبت میکوریزا در هم‌زیستی با ریشه نیشکر می‌باشد. در اثر تلقیح قارچ میکوریزا آرباسکولار، انتقال مواد فتوسنتزی از اندام هوایی به سمت ریشه‌ها افزایش می‌یابد. در واقع اندام‌های قارچ به‌عنوان مخزن دریافت کربوهیدرات‌های فتوسنتزی گیاه عمل کرده که سبب تحریک فعالیت فتوسنتزی به میزان بیش‌تری می‌گردد که این خود به دلیل افزایش تولید هورمون جیبرلین در گیاه می‌زبان است (Claassens et al., 2017). این موضوع می‌تواند یکی از دلایل افزایش وزن ریشه نیشکر در تیمار تلقیح‌شده با قارچ باشد. برتری شرکت دهخدا نسبت به شرکت امام می‌تواند

ناشی از شرایط مناسب‌تر خاک و محیطی در شرکت دهخدا (جدول‌های ۱ و ۶) برای فعالیت میکوریزا باشد. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان بیان کرد که هم‌زیستی قارچ میکوریزا باعث افزایش فتوسنتز در نیشکر شد و به‌دنبال آن اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نیشکر نسبت به تیمار عدم تلقیح با قارچ افزایش یافت. نتایج این تحقیق با یافته‌های (Marzban et al., 2014) در خصوص افزایش وزن خشک ریشه لویا چشم‌بلبلی در اثر تلقیح با میکوریزا و با نتایج ارائه شده توسط (Bhat et al., 2010) در مورد ریشه لویا سبز همسو می‌باشند.

۵.۳. کلروفیل در برگ گیاهان

غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاه است (Jangpromma et al., 2010). تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری روی میزان کلروفیل برگ‌های بالا و پایین کانوپی نیشکر، لویا و سویا داشتند. مکان‌های مختلف نیز تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد روی میزان کلروفیل برگ‌های نیشکر، لویا چشم‌بلبلی و تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد روی میزان کلروفیل برگ‌های سویا داشتند (جدول‌های ۲ و ۷).

جدول ۷. تجزیه واریانس مرکب شاخص کلروفیل در برگ لگوم‌ها تحت تأثیر مکان‌ها و تیمارهای مختلف

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
کلروفیل برگ‌ها	کلروفیل برگ‌ها	کلروفیل برگ‌ها	کلروفیل برگ‌ها		
در کانوپی پایین سویا	در کانوپی پایین لویا	در کانوپی بالای سویا	در کانوپی بالای لویا		
۱۲/۴**	۱۳/۹۷*	۱۳/۵۴**	۱۱/۵*	۱	مکان
۰/۰۶	۱/۲۱	۰/۱۱	۱/۷۸	۶	تکرار (مکان)
۱/۷۸**	۷۳/۵۳**	۰/۵۲**	۶۶/۶۷**	۵	تیمار
۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۵	مکان × تیمار
۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۲۲	۳۰	خطای آزمایش
۱۱/۶۳	۱۲/۷۷	۹/۷۱	۱۰/۹۸	-	ضریب تغییرات (%)

ns و ** و * معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

ارزیابی بهره‌وری آب و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر در کشت مخلوط با لگوم

بیش‌تر از تیمار مخلوط آن با نیشکر شده بود می‌تواند به دلیل جذب نیتروژن بیش‌تر توسط لوبیا باشد. با توجه به یافته‌های این پژوهش و با توجه به اهمیت نیتروژن در ساختار کلروفیل و آنزیم ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، می‌توان بیان کرد میکوریزا به ریشه نیشکر در جذب آب و عناصر فسفر و نیتروژن کمک کرده و این مزیت در حضور لوبیا چشم‌بلبلی به دلیل تأمین نیتروژن بیش‌تر در محیط ریشه نیشکر بیش‌تر آشکار می‌شود. بنابراین وجود میکوریزا و گیاه لگوم می‌تواند این امکان را به نیشکر بدهد که زمان طولانی‌تری عمل فتوسنتز را توسط برگ‌هایی که از نظر کلروفیل شرایط مناسبی دارند، انجام دهد. در کل میزان کلروفیل در تیمارهایی که میکوریزا و لوبیا چشم‌بلبلی در کنار نیشکر وجود داشتند، به دلیل افزایش جذب عناصر به‌ویژه نیتروژن توسط ریشه نیشکر افزایش یافت. در این تحقیق مشخص شد که میزان کلروفیل در هر سه گیاه در برگ‌های بالای کانوپی (جوان) کم‌تر از برگ‌های پایین کانوپی (پیر) می‌باشد. این موضوع به دلیل رنگ روشن‌تر برگ‌های جوان نسبت به برگ‌های بالغ‌تر است که هرچه رنگ برگ‌ها سبز روشن‌تر بود دستگاه کلروفیل سنج عدد کم‌تری را نشان داد. این نتیجه همسو با یافته‌های Sanjay & Sujit (2014) می‌باشد. بیش‌ترین مقدار کلروفیل در بالا و پایین کانوپی نیشکر در شرکت دهخدا حاصل شد (جدول ۸).

در آزمایشی گزارش شد که اثر متقابل بین نوع رقم نیشکر و تنش خشکی در میزان کلروفیل برگ در نیشکر معنی‌دار بود و با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل نسبت به زمانی که آب کافی در اختیار نیشکر بود کاهش یافت اما این پاسخ در ارقام مختلف نیشکر متفاوت بود (Jangpromma et al., 2010).

بیش‌ترین میزان کلروفیل در کانوپی بالا و پایین نیشکر در تیمار مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با میکوریزا) به همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با ریزوبیوم) و کم‌ترین آن‌ها در کشت خالص نیشکر به دست آمد (جدول ۳). در جدول ۸ نتیجه مشابهی در مورد لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده می‌شود که بیش‌ترین کلروفیل در کانوپی بالا و پایین لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با میکوریزا) به همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با ریزوبیوم) و کم‌ترین کلروفیل در کانوپی بالا و پایین لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار مخلوط نیشکر و لوبیا چشم‌بلبلی به دست آمد. بیش‌ترین کلروفیل در کانوپی بالا و پایین سویا به ترتیب در تیمار مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با میکوریزا) به همراه سویا و مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با میکوریزا) به همراه سویا (تلقیح‌شده با ریزوبیوم) حاصل شد. دلیل این‌که کلروفیل در کانوپی لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح با ریزوبیوم) مقداری

جدول ۸. مقایسه میانگین شاخص کلروفیل در برگ‌های لگوم‌ها تحت تأثیر تیمارهای مختلف

تیمار	کلروفیل در کانوپی بالای لوبیا	کلروفیل در کانوپی پایین لوبیا	تیمار	کلروفیل در کانوپی بالای سویا	کلروفیل در کانوپی پایین سویا
خالص لوبیا	۴۴/۵۸ c	۴۸/۴۲ d	خالص سویا	۳۸/۷۴ c	۴۲/۰۱ c
خالص لوبیا + باکتری	۵۰/۱۵ a	۵۴/۲۵ b	خالص سویا + باکتری	۳۸/۶۳ c	۴۲/۰۰ c
مخلوط نیشکر و لوبیا	۴۵/۳۱ b	۴۹/۴۱ c	مخلوط نیشکر و سویا	۳۸/۸۵ bc	۴۲/۱۳ c
مخلوط نیشکر و لوبیا + باکتری	۵۰/۳۵ a	۵۴/۹۳ b	مخلوط نیشکر و سویا + باکتری	۳۹/۰۸ ab	۴۲/۰۰ c
مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا	۴۵/۴۵ b	۴۹/۲۴ c	مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا	۳۹/۳۱ a	۴۲/۴۱ b
مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا + باکتری	۵۰/۵۵ a	۵۴/۹ a	مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا + باکتری	۳۹/۰۹ ab	۴۲/۲۰ a

اعدادی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند، اختلاف میانگین آن‌ها طبق آزمون دانکن، در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

(حضور لگوم)، نیشکر توانایی تولید مواد هیدروکربنه بیش‌تری در طی فرایند فتوسنتز داشت که باعث افزایش ارتفاع ساقه نیشکر شد. همچنین نتایج این تحقیق اثر مثبت هم‌افزایی حضور هم‌زمان قارچ میکوریزا و لوبیا چشم‌بلبلی را روی افزایش بهره‌وری آب نشان دادند. در این پژوهش، بهترین نتایج در هر دو مکان در تیمار مخلوط نیشکر (تلقیح‌شده با میکوریزا) به‌همراه لوبیا چشم‌بلبلی (تلقیح‌شده با رایزوبیوم) حاصل شد و نتایج در شرکت دهخدا در کل بهتر از شرکت امام خمینی بودند.

۵. سپاسگزاری

از حمایت شرکت کشت و صنعت نیشکر دهخدا در انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. منابع

- Alizadeh, A. (2006). *Soil water-plant relationships*. (6th ed.), Astan Quds Razavi, Imam Reza University Publication, Iran. 472 p. (In Persian)
- Ambrosano, E. J., Azcon, R., Cantarella, H., Ambrosano, G. M. B., Schammass, E. A., Muraoka, T., Trivelin, P. C., Rossi, F., Guirado, N. & Teramoto, J. R. S. (2010). Crop rotation biomass and arbuscular mycorrhizal fungi effects on sugarcane yield. *Science Agriculture, (Piracicaba, Brazil)*, 67(6), 692-701. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000600011>.
- Asadi Rahmani, H. (2010). *Guidelines for the use of biological practices*. ministry of agriculture jihad, agricultural research and education organization. Registration number 1736, 1-12. (In Persian)
- Bhat, M. I., Bangroo, S. A., Tahir, A., Yadav, S. R. S. & Aziz, M. A. (2010). Combined effects of rhizobium and vesicular arbuscular fungi on green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) under temperate conditions. *Research Journal Agricultural Science*, 2(1), 17-20.
- Caihong, Y., Qiang, C., Guang, L., Fuxue, F. & Wang, L. (2015). Water use efficiency of controlled alternate irrigation on wheat/faba bean intercropping. *African Journal of Agricultural Research*, 10(48), 4348-4355. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10406>.

این نتیجه به‌تربودن شرایط رشد و نمو در شرکت دهخدا را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان کلروفیل در برگ‌های لوبیا چشم‌بلبلی در تیمارهای تلقیح‌شده با رایزوبیوم به‌دست آمد. چون رایزوبیوم با ریشه لوبیا چشم‌بلبلی هم‌زیست شده و به ریشه در جذب عناصر غذایی و نهایتاً تثبیت بیولوژیکی نیتروژن کمک کرده و باعث افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌ها می‌شود. میزان کلروفیل در کانوپی بالا و پایین هر سه جزء مخلوط در شرکت دهخدا بیش‌تر از شرکت امام خمینی بود (جدول ۵). این موضوع می‌تواند به‌دلیل شرایط بهتر شرکت دهخدا برای فتوسنتز گیاه باشد.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش صفات کمی از جمله ارتفاع، قطر ساقه و وزن ریشه نیشکر و صفات کیفی مانند درصد بریکس در عصاره ساقه نیشکر در تیمارهایی که نیشکر با میکوریزا تلقیح شده بود می‌توان نتیجه گرفت که قارچ میکوریزا با ریشه نیشکر هم‌زیست شده و با گسترش هیف‌های خود تأثیر مثبتی روی افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه نیشکر داشت. البته در تیمارهایی که هم میکوریزا و هم لوبیا چشم‌بلبلی در کنار نیشکر وجود داشتند، تأثیر هم‌افزایی آن‌ها روی صفات مشاهده شد. وجود لوبیا چشم‌بلبلی به‌عنوان لگوم تثبیت‌کننده نیتروژن با در اختیار قراردادن نیتروژن بیش‌تر در محیط ریشه نیشکر (پس از برداشت لوبیا چشم‌بلبلی) باعث بهبود صفات کمی در نیشکر شد. کشت مخلوط نیشکر با لگوم باعث افزایش بهره‌وری آب شد که این موضوع می‌تواند به‌دلیل افزایش کل ماده خشک تولیدی در واحد سطح و کاهش تبخیر آب از سطح خاک (به‌دلیل وجود پوشش گیاهی بیش‌تر روی سطح زمین) نسبت به کشت خالص می‌باشد. در کل می‌توان نتیجه گرفت که در اثر بهبود تغذیه گیاه از نظر فسفر (حضور میکوریزا) و نیتروژن

- Claassens, A., J Nock, C., ZWIETEN, L. & Terry, R. (2017). Mycorrhizal fungi interactions with nutrients, pests and pathogens in sugarcane: a review. *Proceedings Australian Society of Sugarcane Technologists*, 39, 326-332.
- Clements, H. F. (1980). Sugarcane crop logging and control: *Principles and practices*. Pitman Publishing Limited, London, 520 p.
- Eulenstein, F., Tauschke, M., Behrendt, A., Monk, J., Schindler, U., Lana, M. A., & Shaun Monk, S. (2017). The application of mycorrhizal fungi and organic fertilisers in horticultural potting soils to improve water use efficiency of crops. *Scientia Horticulturae Journal*, 3(8), 1-8. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3010008>.
- Ghaemi, A. & Hasanabadi, Z. (2011). View of water resources and pressure irrigation. In: *Proceedings of the 3th regional conference on irrigation and drainage*, March 1-3, Khuzestan, Iran. Pp: 9-20. (In Persian)
- Ghodrati, G. R. (2011). Evaluation of yield and qualitative and quantitative characteristics of new soybean lines in north region of Khozestan. *Crop Physiology Journal*, 3(11), 103-118. (In Persian)
- Jangpromma, N., Songsri, P., Thammasirirak, S. & Jaisil, P. (2010). Rapid assessment of chlorophyll content in sugarcane using a SPAD chlorophyll meter across different water stress conditions. *Asian Journal of Plant Science*, 9(6), 368-374. DOI: 10.3923/ajps.2010.368.374.
- Kelly, R. M., Edwards, D. G., Thompson, J. P. & Magarey, R. C. (2005). Growth responses of sugarcane to mycorrhizal spore density and phosphores rate. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(12), 1405-1413. DOI: 10.1071/AR04185.
- Khajeh Khezri, A., Rezaei Estakhroeih, A. & Golestani Kermani, S. (2018). Evaluating the effects of alternative and regulated deficit irrigation on yield and some components in intercropping (Sorghum – Red bean). *Irrigation Sciences and Engineering*, 41(2), 77-92. (In Persian)
- Khoramivafa, M., Eftekharinasab, N., Sayadyan, K. & Najafi, A. (2011). Water use efficiency in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var. *styriac*)/ chickpea (*Cicer arietinum* L.)- lentil (*Lens esculenta* Moench.) intercropping system associated with several nitrogen levels. *Journal of Agroecology*, 3(2), 245-253. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jag.v3i2.13533>.
- Koochecki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S. & Azimi, R. (2013). The effect of irrigation intervals and intercropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. *Journal of Iran Field Crops Research*, 11(3), 390-400. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v11i3.29693>.
- Kshirsagar, K. G. (2008). Organic sugarcane farming for enhancing farmers' income and reducing the degradation of land and water resources in Maharashtra. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 63(3), 396-405.
- Marzban, Z., Ameriyan, M. R. & Mamar-Abadi, M. (2014). Investigating the root characteristics and colonization index in cowpea and maize using mesorrhizobium bacteria and mycorrhizal in intercropping. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 4(2), 169-185. (In Persian)
- Maghamiyanzade, F., Gholami, A., Nadiyan, H. & Shomeyli, M. (2013). Effect of mycorrhizal fungus under salinity stress on sugarcane height. *National Conference on Optimal Utilization of Water Resources*, Februray 20-21, Khuzestan, Iran, Pp: 1-5. (In Persian)
- Mishra, R. R. (2000). *Soil Microbiology (HB)*. CBS. Publishers and distributors, India, 156 p. 812390455X, 9788123904559.
- Rahman, T., Liu, X., Hussain, S., Ahmed, S., Chen, G., Yang, F., Chen, L., Du, J., Liu, W. & Yang, W. (2017). Water use efficiency and evapotranspiration in maize-soybean relay strip intercrop systems as affected by planting geometries. *Plose One*, 12(6), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178332>.
- Saboohi, M., Khanjari, S. & Keykha, A. A. (2010). Evaluation of water use efficiency in Sistan greenhouses. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 4(3), 91-102. (In Persian)
- Salemzadeh, A., Siyadat, S. A. & Nooryani, H. (2014). Study of crop efficiency, physiological efficiency and apparent recovery of nitrogen in canopy of maize-bean augmentation in Dezful area. *The 13th Iranian Conference on Plant Breeding and the 3rd Iranian Seminar on Science and Technology*, August 26-28, Karaj, Iran. Iranian Crop and Plant Breeding Association. https://www.civilica.com/Paper-NABATAT13-NABATAT13_1100.html. 5 p. (In Persian)
- Sanjay, B. P. & Sujit, S. P. (2014). Measurement of sugarcane leaf chlorophyll. *International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management*, 3(2), 97-102.
- Seraj-alidin, A., Fatahi, A., Fehrestani, M. & Neshat, A. (2016). Dynamic analysis of technical efficiency of water use in sugarcane (DEA approach). *Journal of Agricultural Economics*, 10(4), 177-188. (In Persian)

- Silva, M. A., Jifon, J. L., Santos, C. M., Jadoski, C. J. & Silva, J. A. G. (2013). Photosynthetic capacity and water use efficiency in sugarcane genotypes subject to water deficit during early growth phase. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(5), 735-748. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132013000500004>.
- Sulieman, S. & Phan-Tran, L. S. (2014). Symbiotic nitrogen fixation in legume nodules: metabolism and regulatory mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 15 (11), 19389-19393. Doi:10.3390/ijms151119389.
- Surendran, U. & Vani, D. (2013). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi in sugarcane productivity under semiarid tropical agro ecosystem in India, *International Journal of Plant Production*, 7(2), 269-278. DOI: 10.22069/IJPP.2012.986.
- Tripath, P. C. & Lawande, K. E. (2005). Intercropping of Onion and Garlic in Sugarcane with modern irrigation systems. *Technical Bulletin*, 14, 1-8.
- Singh, S. N., Singh, P., Rai, R. K. & Pathak, A. D. (2018). Vegetables intercropping with autumn planted sugarcane: a step towards doubling farmers income in Indian sub-tropics. *Indian Farming*, 68(1), 65-68.
- Shokohfar, A. R., Shoholi, R. & Ghodrati, G. R. (2009). Evaluation of Soybean to quantity and different species of Bradyrhizobium japonicum in north region of Khozestan. *Agronomy and Plant Breeding*, 4(2). 81-92. (In Persian)