تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد پنجم، شماره دوم، پاییز ۱۴۰۲، ص۴۸۵-۴۶۵

مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط ماشک و جو تحت تأثیر کود زیستی ازتوبارور-۱ و سوپرجاذب

نورالله طولابی[۱]، عیسی خمری[۲*]، علیرضا سیروس مهر[۲]، ماشاءالله دانشور[۳]، محمد گلوی[۲]، مهدی دهمرده[۲]

۱- دانش آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

* مسئول مکاتبه: Ikhammari@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ /۱۰/۰۹ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.315524.1157**

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی عملکرد علوفه خشک و شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط ماشک و جو در شرایط دیم تحت تأثیر کود زیستی ازتوبارور -۱ و ماده سوپرجاذب در طی سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول، کشت مخلوط در ۵ سطح شامل: V1= ۱۰۰٪ ماشک، V2= ۱۰۰٪ جو، V3= ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو، V4= ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو و V5= ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو به روش جایگزینی و عامل دوم کود زیستی ازتوبارور-۱ و ماده سوپرجاذب در ۴ سطح شامل: F1= ازتوبارور-۱، F2= سوپرجاذب، F3= ازتوبارور-۱+ سوپرجاذب و F4=تیمار شاهد بودند. نتایج نشان داد که در کشت مخلوط بیشترین مجموع عملکرد علوفه خشک به مقدار ۳۷۹۹ کیلوگرم در هکتار، بیشترین نسبت برابری زمین کل (۲/۹۱۳)، بیشترین مجموع عملکرد نسبی کل (۱/۴۵۷) و بیشترین ضریب نسبی تراکم کل (۷/۵۷۷) از ترکیب ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ماده ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب در سال دوم مشاهده شد. از طرفی در سال اول بیشترین نسبت رقابت کل (۴/۲۹۷) از ترکیب ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب و بیشترین کاهش واقعی عملکرد کل (۴/۹۹۰) از تیمار ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو × سوپرجاذب حاصل گردید. به نظر می‌رسد کود زیستی ازتوبارور-۱ با کمترین هزینه می‌تواند به عنوان جایگزین کود شیمیایی نیتروژن عمل نماید و از طرفی کاربرد ماده سوپرجاذب می‌تواند در مناطق دیم مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: پایداری تولید، جایگزینی، ضریب نسبی تراکم، نسبت برابری زمین، هم‌زیستی

مقدمه

گسترش سیستم‌های تک‌کشتی با استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها به منظور تولید انبوه موجب مشکلات شدیدی از جمله کاهش تنوع زیستی و آلودگی محیط زیست می‌شود، بنابراین یک نیاز فزاینده برای به حداکثر رساندن استفاده از زمین برای تسریع در بهره‌برداری وجود دارد که ممکن است باعث بسته‌شدن خَلاء عملکرد (شکاف عملکرد) باشد (Wang *et al*., 2020; Salama *et al*., 2016). بررسی‌ها نشان داده است که کشت مخلوط، علاوه بر بهبود کمیت و کیفیت علوفه، درآمد اقتصادی کشاورزان را افزایش می‌دهد (Javanmard *et al*., 2020). در سیستم کشت مخلوط، حبوبات یک گروه عملکردی کلیدی هستند و از نظر خدماتی که به کشاورزی ارائه می‌کنند، بسیار ارزشمند هستند (Duchene *et al*., 2017). تحقیقات نشان داده است که ماشک‌ها در مخلوط با جو به عنوان یک راهکار در جهت تأمین نیاز غذایی دام‌ها می‌توانند نقش مهمی به منظور افزایش عملکرد و پایداری تولید در سیستم کشاورزی کم‌نهاده داشته باشند (Ibrahim and Acikalin, 2020; Ahmadi *et al*., 2010).

در حال حاضر اتکای سیستم‌های کشاورزی فعلی به کودهای مصنوعی باعث نگرانی در مورد پایداری آن‌ها در محیط شده، از این‌رو گزینه‌های مناسب برای تأمین نیتروژن از طریق فرآیندهای بیولوژیکی باید مورد استفاده قرار گیرد (Frasier *et al*., 2017). در همین راستا سیستم‌های کشت مخلوط می‌توانند نیاز جهانی به کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را جبران و از توسعه سیستم‌های پایدار پشتیبانی کنند (Jensen *et al*., 2020). کود زیستی ازتوبارور-۱ می‌تواند به عنوان یک فن‌آوری نوین و جایگزینی سالم و مؤثر برای کودهای شیمیایی

نیتروژن‌دار، به صورت بذرمال و محلول‌پاشی مورد استفاده قرارگیرد (Danazadeh *et al*., 2014). مطالعه دیگر حاکی از کاربرد کود زیستی ازتوبارور-۱ به‌صورت بذرمال در نخود بود که موجب افزایش عملکرد در ماده خشک گردید (Mohammadpour *et al*., 2017).

بررسی‌ها نشان داد که عملکرد علوفه خشک ماشک و جو در کشت مخلوط افزایش یافت (Bahrami and Visani, 2018). در مطالعه‌ای دیگر بیشترین عملکرد علوفه خشک از ترکیب ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو معادل ۵۸۷۰ کیلوگرم در هکتار در منطقه لرستان مشاهده گردید (Shakorzadeh *et al*., 2012). مطالعات نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین، مجموع عملکرد نسبی و کاهش واقعی عملکرد از کشت مخلوط ماشک و جو حاصل گردید (Amani Machiani *et al*., 2018; Javanmard *et al*., 2014; Daraei Mofrad, 2007). مطالعات نشان داد بالابودن ضریب ازدحام نسبی (K) و نسبت رقابت در کشت مخلوط لوبیا – جو و نخود فرنگی - جو نشان دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (Dordas *et al*., 2019; Nakhzari Moghaddam, 2016).

با توجه به شرایط اقلیمی، ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب شده، بنابراین با مشکل کمبود آب و نزولات جوی مواجه بوده و دسترسی ناکافی به آب در این مناطق، افزایش کارایی مصرف آب را به عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار مطرح کرده است (Rozales *et al*., 2012; Norozi and Kazemini, 2012). در همین راستا انتخاب و توسعه استراتژی‌های جدید مانند استفاده از سوپرجاذب‌ها به عنوان راهکار قابل توجه در مناطقی که با کمبود آب و شرایط مواد مغذی محدود در خاک روبرو هستند ضروری است (Khodadadi Dehkordi, 2016). در حال حاضر افزایش علاقه به استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب برای تولید محصولات در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان جهت صرفه‌جویی در مصرف آب است (Gunes *et al*., 2016).

با توجه به نقش مهم ماشک و جو در تغذیه دام‌ها و کمبود علوفه به واسطه سیستم تک‌کشتی در مناطق دیم، از طرفی قرارگرفتن ایران در کمربند خشک جهانی، موجب گردیده است تا عملکرد کمی و کیفی علوفه به خاطر کمبود رطوبت و فعال نبودن میکروارگانیسم‌های خاک کاهش یابد. در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی کاربرد کود زیستی ازتوبارور-۱ (مهیا نمودن بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه) و ماده سوپرجاذب (ذخیره‌کننده آب باران و تأمین‌کننده بخشی از رطوبت خاک) در کشت مخلوط ماشک و جو در شرایط دیم انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) به صورت دیم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با ارتفاع ۱۱۵۵ متر از سطح دریا اجرا شد. میزان بارندگی نازل‌شده خرم‌آباد مطابق آمارنامه سازمان هواشناسی در سال اول و دوم آزمایش (جدول ۱) به ترتیب برابر ۴۸۸/۳ و ۹۳۷/۸ میلی‌متر بود. آب و هوای منطقه بر اساس ضریب اقلیمی دومارتن، اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد (Alizadeh, 2014).

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول کشت مخلوط در ۵ سطح شامل: V1= تک‌کشتی ماشک (۱۰۰٪ ماشک)، V2=تک‌کشتی جو (۱۰۰٪ جو)، V3= ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو، V4= ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو و V5= ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو به روش جایگزینی و عامل دوم کود زیستی ازتوبارور-۱ + ماده سوپرجاذب در ۴ سطح شامل: F1= ازتوبارور-۱ به صورت بذرمال و محلول‌پاشی، F2= ماده سوپرجاذب، F3= ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب و F4= شاهد (عدم مصرف کود و ماده سوپرجاذب) بودند. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از مته‌ی گودبرداری (آگر) به صورت زیگزاگ از چند نقطه زمین نمونه‌هائی انتخاب و با هم مخلوط و به مقدار لازم یک نمونه‌ی کلی جهت انجام آزمایش به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل و سپس ویژه‌گی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، مطابق جدول ۲ اندازه‌گیری شدند.

جهت آماده‌سازی زمین، ابتدا در پاییز با گاوآهن برگردان‌دار شخم انجام، سپس جهت تسطیح و مهیا نمودن بستر بذر در زمین دو دیسک عمود برهم صورت گرفت. خطوط کشت توسط فوکا (شیارکش) در زمین ایجاد گردید. در این آزمایش طول هر کرت ۴ متر و عرض آن برابر ۱/۵ متر بود. هر کرت دارای ۶ خط کاشت، فاصله ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها ۱ متر

و فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. میزان بذر مصرفی ماشک و جو به ترتیب ۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار جهت تیمارهای مورد نظر بر حسب گرم در ۶ متر مربع (ابعادکرت) محاسبه گردید. در این آزمایش بذور انتخابی، گونه ماشک برگ‌پهن (*Vicia narbonensis*) و جو (*Hordeum vulgar*)، رقم خرم بودند که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی لرستان تهیه شدند. در این آزمایش از کود زیستی ازتوبارور-۱ با نوع میکروارگانیسم (*Pantoea agglomrans*) و باکتری‌های زنده و فعال 10^9در هرگرم کود بیولوژیک به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار به صورت بذرمال و محلول‌پاشی استفاده شد (Rezaei Chianeh *et al*., 2014). ماده سوپرجاذب به میزان ۱۲۰ گرم در هر کرت ۶ مترمربعی به صورت خطی در زیر بذور ریخته شد و با لایه‌ای از خاک نرم پوشانده شد، سپس بذور ماشک و جو توسط قارچ‌کش مانکوزب به نسبت یک درهزار ضد عفونی و کشت گردیدند. نمونه‌برداری علوفه در مرحله گلدهی با حذف اثرات حاشیه توسط قابی در ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر بعد از سبزشدن ماشک و جو در مرحله BBCH-23 انجام شد، به‌طوری‌که در این مرحله فنولوژیکی از رشد، پنجه‌ها در جو قابل تشخیص و ظهور شاخه‌های فرعی سه‌گانه در ماشک قابل رؤیت بود (Lancashire *et al*.,1991; Weber and Bleiholder, 1990).

جدول ۱- شرایط آب و هوائی محل آزمایش در سال‌های زراعی ۹۷- ۱۳۹۶ و ۹۸- ۱۳۹۷

Table 1- Climatic conditions of the test site in the crop years 2017-2018 and 2018-2019

ماه Month	بارندگی Rainfall (mm)		میانگین حداقل دما Average minimum temperature (°C)		میانگین حداکثر دما Average maximum temperature (°C)	
	سال ۱ Year 1	سال ۲ Year 2	سال ۱ Year 1	سال ۲ Year 2	سال ۱ Year 1	سال ۲ Year 2
مهر Octobr	-	9	11	13.6	29.9	30.7
آبان November	2.8	139.1	7	8.4	24.4	19.2
آذر December	36.6	150.8	0.4	3.1	14.6	14.1
دی January	50.1	127	0.5	7.8	14.7	11.7
بهمن February	68.7	115	2.1	1	14.4	12
اسفند March	62.7	81	4.8	1.1	18.7	13.7
فروردین April	103.7	309	7.3	6.6	23.1	18.5
اردیبهشت May	151.7	6.1	10.7	9.3	23.6	26.3
خرداد June	12	-	15.3	16.6	33.8	36.3
مجموع بارندگی Total rainfal	488.3	937.8				

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از کشت در سال اول و دوم

Table 2 - Results of physical and chemical analysis of farm soil before planting in the first and second year

بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	لای Silt (%)	شن Sand (%)	اسیدیته pH	شوری Salinity (dS/m)	نیتروژن کل Total nitrogen(%)	کربن آلی Organic carbon (%)	روی Zn ($mg.kg^{-1}$)	منگنز Mn ($mg.kg^{-1}$)	آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)
لوم رسی Clay loam	44	42	14	7.4	0.64	0.89	1.03	0.7	1.5	2.5	350	14.1

جهت آماده‌سازی زمین، ابتدا در پاییز با گاوآهن برگردان‌دار شخم انجام، سپس جهت تسطیح و مهیا نمودن بستر بذر در زمین دو دیسک عمود برهم صورت گرفت. خطوط کشت توسط فوکا (شیارکش) در زمین ایجاد گردید. در این آزمایش طول هر کرت ۴ متر و عرض آن برابر ۱/۵ متر بود. هر کرت دارای ۶ خط کاشت، فاصله ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. میزان بذر مصرفی ماشک و جو به ترتیب ۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار جهت تیمارهای مورد نظر بر حسب گرم در ۶ متر مربع (ابعادکرت) محاسبه گردید. در این آزمایش بذور انتخابی، گونه ماشک برگ‌پهن (*Vicia narbonensis*) و جو (*Hordeum vulgar*)، رقم خرم بودند که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی لرستان تهیه شدند. در این آزمایش از کود زیستی ازتوبارور-۱ با نوع میکروارگانیسم (*Pantoea agglomrans*) و باکتری‌های زنده و فعال[۱۰۹] در هرگرم کود بیولوژیک به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار به صورت بذرمال و محلول‌پاشی استفاده شد (Rezaei Chianeh *et al*., 2014). ماده سوپرجاذب به میزان ۱۲۰ گرم در هر کرت ۶ مترمربعی به صورت خطی در زیر بذور ریخته شد و با لایه‌ای از خاک نرم پوشانده شد، سپس بذور ماشک و جو توسط قارچ‌کش مانکوزب به نسبت یک درهزار ضد عفونی و کشت گردیدند. نمونه‌برداری علوفه در مرحله گلدهی با حذف اثرات حاشیه توسط قابی در ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر بعد از سبزشدن ماشک و جو در مرحله BBCH-23 انجام شد، به‌طوری‌که در این مرحله فنولوژیکی از رشد، پنجه‌ها در جو قابل تشخیص و ظهور شاخه‌های فرعی سه‌گانه در ماشک قابل رؤیت بود (Lancashire *et al*.,1991; Weber and Bleiholder, 1990).

جهت اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک، نمونه‌های تر در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند و در نهایت وزن خشک نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال مدل AND برحسب گرم در مترمربع اندازه‌گیری و به کیلوگرم در هکتار تعمیم داده شدند. در این آزمایش کشت مخلوط به روش جایگزینی، انجام و شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط ماشک و جو از طریق روابط زیر محاسبه گردید.

نسبت برابری زمین (LER)

$$LER_V = Y_{VH} / Y_{VV} \quad (۱)$$

$$LER_H = Y_{HV} / Y_{HH} \quad (۲)$$

$$LER_T = LER_V + LER_H \quad (۳)$$

Y_{VV} = عملکرد تک کشتی ماشک (کشت خالص)

Y_{VH} = عملکرد مخلوط ماشک - جو

Y_{HH} = عملکرد تک کشتی جو (کشت خالص)

Y_{HV} = عملکرد مخلوط جو – ماشک

(Mazaheri., 1998)

مجموع عملکرد نسبی (RYT)

$$RYT = RYvetch + RYcereal \quad (۴)$$

$$RY_{vetch} = [Ym \times Xvc / Yv] \quad (۵)$$

$$RY_{vetch} = [Ym \times Xcv / Yc] \quad (۶)$$

Xvc= سهم واقعی ماده خشک ماشک در مخلوط با غلات

Ym= عملکرد ماده خشک در کشت مخلوط

Xcv= سهم واقعی ماده خشک ماشک در مخلوط با غلات

Yv= ماده خشک ماشک در کشت خالص

Yc= ماده خشک غلات در کشت خالص

(Mazaheri., 1998)

ضریب نسبی تراکم (K) یا (RCC)

$$Ka = (Yab \times Zba) / (Yaa-Yab) \times (Zab) \quad (۷)$$

$$K = Ka \times Kb \quad (۸)$$

Yaa = محصول گونه a در زراعت تک کشتی

Yab = محصول گونه a در زراعت مخلوط

Ka = a ضریب نسبی تراکم گونه

Zab = a نسبت مخلوط گونه

Zba = b نسبت مخلوط گونه

Kb = b ضریب نسبی تراکم گونه

(Mazaheri., 1998)

نسبت رقابت (CR)

$$CR_{Vetch} = (LER_V / LER_H) \times (Z_{HV} / Z_{VH}) \quad (۹)$$

$$CR_{Hordeum} = (LER_H / LER_V) \times (Z_{VH} / Z_{HV}) \quad (۱۰)$$

Z_{HV} = نسبت کاشته شده جو در ماشک

Z_{VH} = نسبت کاشته شده ماشک در جو

(Gaungwei *et al*., 2006)

کاهش واقعی عملکرد (AYL)

AYl= AYl vetch + AYl cereal (۱۱)

AYl vetch = {[(Yvc / Xvc / Yv / Xv)] - 1} (۱۲)

AYl cereal = {[(Ycv / Zcv / Yc / Zc)] - 1} (۱۳)

عملکرد ماشک=Yv

نسبت (سهم) ماشک در مخلوط با غلات=Xvc

عملکرد ماشک و غلات در کشت مخلوط=Yvc

نسبت (سهم) غلات در مخلوط با ماشک=Zcv

عملکرد غلات و ماشک در کشت مخلوط=Ycv

نسبت ماشک در کشت خالص=Xv

نسبت (سهم) غلات در مخلوط با ماشک =Zcv

عملکرد غلات و ماشک در کشت مخلوط=Ycv

نسبت غلات در کشت خالص =Zc

عملکرد غلات=Yc

(Baishya and Sharma., 1990)

تجزیه آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح ۱ و ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل تیمارهای سه‌گانه سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + ماده سوپرجاذب بر عملکرد علوفه خشک ماشک و جو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک ماشک از تیمار Y2V1F2 (سال ۲ × ۱۰۰٪ ماشک × سوپرجاذب) با عملکردی معادل ۲۹۰۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از تیمارهای Y2V5F4 (سال ۲ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو + شاهد) و Y1V5F4 (سال ۱ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو + شاهد) به‌ترتیب با عملکردی معادل ۴۵۰ و ۵۱۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در جو هم بیشترین عملکرد علوفه خشک از تیمار Y1V2F3 (سال ۱ × ۱۰۰٪ جو × ازتوبارور-۱+ سوپرجاذب) با ۳۳۶۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین این متغیر از تیمار Y2V3F4 (سال ۲ × ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک + شاهد) با عملکردی معادل ۹۵۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. بیشترین مجموع عملکرد علوفه خشک از تیمار Y2V4F3 (سال ۲ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) معادل ۳۷۹۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از تیمار Y2V1F4 (سال ۲ × ۱۰۰٪ ماشک + شاهد) معادل ۲۰۲۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴).

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک در تک کشتی‌های ماشک و جو در کلیه تیمارها حاصل شد، اما نتایج مجموع عملکرد علوفه خشک حاکی از برتری تیمار ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو در سال اول و دوم نسبت به دیگر تیمارها بود که نشان از مزایای کشت مخلوط در روند تولید علوفه در این ترکیب است. با توجه به افزایش عملکرد علوفه خشک که در سال دوم و در ترکیب ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو به‌دست آمد، احتمالاً بیان‌گر استفاده بهینه دو گیاه از منابع موجود با حداقل رقابت بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای در آزمایش حاضر بود، به‌طوری‌که گیاه جو به عنوان قیم برای ماشک عمل نمود و گیاه ماشک توانست از نور بهترین سود را برده که در نهایت موجب افزایش عملکرد علوفه خشک در کشت مخلوط شد. از دلایل مهم دیگر در روند تولید علوفه خشک و افزایش عملکرد در سال دوم را می‌توان به بارندگی مطلوب (۹۳۷/۸ میلی‌متر) در سال دوم ذکر نمود. بررسی‌ها نشان داد که بازده محصولات زراعی در تک‌کشتی‌ها بالاتر از الگوهای کشت مخلوط ماشک – جو بود، اما عملکرد کل علوفه در کشت مخلوط افزایش یافت (Javanmard *et al.*, 2020). محققان در کشت مخلوط ماشک – جو، بیشترین عملکرد علوفه‌خشک از ترکیب ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد جو به‌مقدار ۳/۸ تن در هکتار گزارش نمودند (Asghari Maidani and Karimi, 2014). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که با افزایش نسبت بذری ماشک در کشت مخلوط با جو، میزان علوفه خشک افزایش یافت (Contreras Paco *et al.*, 2020). هنگامی که دو گونه با خصوصیات رشدی متفاوت در کشت مخلوط قرار گیرند، کمترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند واین موضوع باعث افزایش کارآیی مصرف منابع نور، آب و عناصر غذایی و عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌شود (Neumann *et al.*, 2009). تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاهان علوفه‌ای یکی دیگر از عوامل مؤثر در افزایش کارایی کشت مخلوط می‌باشد، به‌طوری‌که ماشک در کشت مخلوط می‌تولند از

نیتروژن اتمسفر و گیاه جو از نیتروژن موجود در خاک استفاده نموده و بدین ترتیب از نظر جذب مواد غذایی به‌عنوان مکمل هم‌دیگر عمل می‌نمایند (Bahrami and Visani, 2018). تحقیقات دیگری نشان داد که ماده سوپرجاذب در شرایط دیم موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی بزرک و عدس در کشت مخلوط گردید (Fallahian *et al*., 2016). از طرفی تلفیق کود زیستی نیتروکسین و ماده سوپرجاذب در تک‌کشتی ماشک برگ پهن موجب افزایش عملکرد علوفه خشک شد (Latifinia *et al*., 2017).

نسبت برابری‌زمین

نتایج تجزیه واریانس مرکب در سطح احتمال یک درصد حاکی از معنی‌دار بودن اثرات سه‌گانه سال × کشت مخلوط × ازتوباور-۱ + سوپرجاذب بر نسبت برابری زمین (LER) علوفه خشک ماشک و جو بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای سه‌گانه نشان داد که بیشترین مقدار LER ماشک (۱/۴۷۰) از تیمار Y2V4F3 (سال ۲ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و کمترین آن (۰/۸۸۰) از پایین‌ترین جزء ماشک (۲۵ درصد) از تیمار Y2V5F2 (سال ۲ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × سوپرجاذب) حاصل گردید. در گیاه جو هم بیشترین LER (۱/۴۴۳) در سال دوم و از تیمار Y2V4F3 (سال۲ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و کمترین این متغیر (۰/۸۹۷) در سال اول از پایین‌ترین جزء ترکیب (۲۵ درصد جو) در تیمار Y1V3F3 (سال ۱ × ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) مشاهده گردید. بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین کل (۲/۹۱۳ و ۱/۹۸۰) به ترتیب در تیمارهای Y2V4F3 (سال ۲ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y2V5F1 (سال ۲ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × ازتوبارور) حاصل شد (جدول ۴).

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار LER جزئی ماشک و جو در سال دوم و از ترکیب ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو مشاهده گردید که نشان دهنده نقش ماشک و جو در افزایش عملکرد در کشت مخلوط می‌باشد. از دلایل مهم در افزایش LER در ترکیب ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو در سال دوم، احتمالاً می‌توان به تراکم بوته مناسب اشاره نمود، چون این روند موجب شد ماشک و جو در کنار هم با کمترین رقابت علاوه بر جذب بهتر عناصر موجود در خاک بیشترین استفاده را از نور برده که در نهایت موجب افزایش عملکرد علوفه و افزایش LER در ترکیب شد، از طرفی سوپرجاذب در ماشک و تلفیق سوپرجاذب + ازتوبارور در جو موجب افزایش سودمندی در کشت مخلوط شد. شایان ذکر است گیاه ماشک به واسطه همزیستی با جو موجب افزایش در عملکرد علوفه جو و در نهایت سودمندی گیاه جو را سبب شد. مقدار LER بالا در کشت مخلوط بیانگر آن است که ماشک و جو توانسته‌اند با کارایی و بهره‌برداری بیشتر از کود زیستی ازتوبارور-۱ و ماده سوپرجاذب، میزان علوفه بیشتری را تولید نمایند، پس به همین خاطر است که کشت مخلوط به کشت خالص دو گیاه ارجحیت دارد.

بررسی‌ها نشان داد که بیشترین نسبت برابری‌زمین از ترکیب تیماری ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو مشاهده و این ترکیب به عنوان الگوی مناسبی برای دست‌یابی به عملکرد مناسب معرفی گردید (Asadi and Khoramdel, 2014). مطالعه دیگری نشان داد که نسبت برابری‌زمین بیش از یک (LER>1) در ترکیب ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد جو مشاهده شد (Habibi *et al*., 2010). بالابودن LER به استفاده از بهره‌وری بیشتر منابع از جمله مواد مغذی، آب، زمین، CO_2 اتمسفر و تابش فعال فتوسنتزی نسبت داده شد (Amani Machiani *et al*., 2018). بررسی در کشت مخلوط نشان داد که وجود نیتروژن توسط حبوبات و انتقال مستقیم یا غیرمستقیم به محصولات دلیل دیگری برای دست‌یابی به بهره‌وری بالا و LER بالاتر در الگوهای مخلوط است (Martin-Guay *et al*., 2018). مطالعات دیگر حاکی از اثرات مثبت کود زیستی ازتوبارور-۱ در کشت مخلوط باقلا - گلرنگ و خرفه – بالنگوی شهری بود که موجب افزایش نسبت برابری زمین شد (Saeedi *et al*., 2018; Rohi Salaran *et al*., 2019). تحقیقات دیگری نشان داد که نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط شنبلیله و ذرت، تحت تأثیر کود زیستی ازتوباکتر قرار گرفت (Abbasdokht *et al*., 2021). از طرفی بیشترین میزان LER در کشت مخلوط ذرت – ریحان تحت تأثیر کود زیستی نیتروکسین قرار گرفت (Kordi *et al*., 2017).

مجموع عملکرد نسبی

نتایج نشان داد که اثر سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ +

سوپرجاذب بر مجموع عملکرد نسبی ماشک و جو، هم‌چنین عملکرد نسبی کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین و کمترین مجموع عملکرد نسبی ماشک (۰/۷۶۷ و ۰/۲۲۰) به ترتیب از تیمارهای Y1V3F4 (سال ۱ × ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو × شاهد) و Y2V5F4 (سال ۲ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × شاهد) مشاهده گردید. در گیاه جو هم بیشترین و کمترین مجموع عملکرد نسبی (۰/۹۲۰ و ۰/۳۴۰) به ترتیب از تیمارهای Y2V5F3 (سال ۲ × ۷۵٪ جو + ۲۵٪ ماشک × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y1V3F3 (سال ۱ × ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) مشاهده گردید. از طرفی بیشترین و کمترین مجموع عملکرد نسبی کل (۱/۴۵۷ و ۰/۹۵۷) به ترتیب به تیمارهای Y2V4F3 (سال ۲ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y1V5F3 (سال ۱ × ۷۵٪ جو + ۲۵٪ ماشک × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) تعلق داشت (جدول ۶).

جدول۳- تجزیه واریانس تیمارهای سه‌گانه سال × ازتوبارور۱ + سوپرجاذب × کشت مخلوط بر عملکردعلوفه خشک ماشک و جو، مجموع عملکرد علوفه خشک، نسبت برابری زمین ماشک و جو و نسبت برابری زمین کل (میانگین مربعات)

Table 3- Analysis the variance of three treatments per year × Azetobarvar 1 + superabsorbent × intercropping on dry forage yield of vetch and barley, total dry forage yield, land equivalent ratio of vetch and barley, and total land equivalentratio (mean squares)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد علوفه خشک ماشک Dry forage yield of vetch	عملکرد علوفه خشک جو Dry forage yield of Barley	مجموع عملکرد علوفه خشک Total dry forage yield	نسبت برابری زمین ماشک LER vetch	نسبت برابری زمین جو LER Barley	نسبت برابری زمین کل LER Total
سال Year	1	69745.41 **	955153.63 **	508691.41 **	0.131 **	0.149 **	0.001 ns
تکرار (سال) R(Y)	4	13089.88 **	1863.33 ns	68364.02 **	0.000 ns	0.001 ns	0.001 ns
کشت مخلوط Intercropping	4	19921028.39 **	20172904.48 **	2402514.93 **	10.62**	9.730**	41.038**
سال × کشت مخلوط Intercropping×Year	4	32369.76 **	155663.53 **	307347.43 **	0.033**	0.042**	0.057**
ازتوبارور ۱+ سوپرجاذب Azetobarvar-1+ superabsorbent	3	935074.21 **	552621.46 **	1914539.14 **	0.051 **	0.093 **	0.012 **
سال × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب Azetobarvar-1+ ×Year superabsorbent	3	39090.63 **	65931.41 **	72433.83 **	0.035**	0.056**	0.161**
کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب Azetobarvar-1+ ×Intercroppin superabsorbent	12	84530.88 **	104555.66 **	143512.22 **	0.014**	0.021**	0.023**
سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب × Intercroppin ×Year Azetobarvar-1+ superabsorbent	12	8388.24 **	59974.09 **	82674.13 **	0.008**	0.012**	0.037**
خطا Error	76	1168.04	1421.193	12535.13	0.001	0.001	0.001
ضریب تغییرات CV (%)		2.55	2.43	3.98	2.44	2.89	2.32

ns غیر معنی دار و ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد احتمال

ns non significant and ** significant at 1% probability level

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارهای سه‌گانه سال × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب × کشت مخلوط بر عملکرد علوفه خشک ماشک و جو و مجموع عملکرد علوفه خشک، نسبت برابری زمین ماشک و جو و نسبت برابری زمین کل

Table 4- Comparison the average of three treatments per year × Azetobarvar 1 + superabsorbent × intercropping on dry forage yield of vetch and barley, total dry forage yield, land equivalent ratio of vetch and barley, and total land equivalent ratio

سال Year	کشت مخلوط intercropping	کود Fertilizer	عملکرد علوفه خشک ماشک Dry forage yield of vetch (kg/h)	عملکرد علوفه خشک جو Dry forage yield of Barley (kg/h)	مجموع عملکرد علوفه خشک Total dryforage Yield (kg/h)	نسبت برابری زمین ماشک LER vetch	نسبت برابری زمین جو LER Barley	نسبت برابری زمین کل Total LER
سال اول Year 1	V1	F1	2405 e	-	2405 qrst	-	-	-
		F2	2673 b	–	2673 klmnopq	-	-	-
		F3	2490 d	–	2490 pqrst	-	-	-
		F4	2072 f	–	2072 u	-	-	-
	V2	F1	-	2737 b	2737 jklmnop	-	-	-
		F2	-	2583 cd	2583 mnopqr	-	-	-
		F3	-	3362 a	3362 bc	-	-	-
		F4	-	2503 de	2503 opqrs	-	-	-
	V3	F1	1827 h	1317 o	3144 bcdefg	1.310 cde	1.147 efg	2.457 d
		F2	2000 f	1408 n	3408 bc	1.273 def	1.320 bc	2.597 bc
		F3	1857 gh	1152 p	3008 efghij	1.207 fgh	0.897 k	2.103 i
		F4	1568 j	1207 p	2775 ijklmno	1.340 cd	1.107 ghi	2.450 d
	V4	F1	1500 jk	1757 kl	3257 bcdef	1.357 bc	1.190 def	2.547 c
		F2	1702 i	1713 l	3415 b	1.277 def	1.327 b	2.603 bc
		F3	1503 jk	1815 k	3318 bcd	1.333 cd	0.987 j	2.320 fg
		F4	1240 l	1703 l	2943 ghijk	1.423 ab	1.177 efg	2.597 bc
	V5	F1	723 n	2117 i	2840 hijklm	1.183 ghi	1.037 ij	2.220 h
		F2	827 m	2310 g	3137 cdefg	1.173 ghi	1.217 de	2.390 def
		F3	605 o	2407 f	3012 efghij	1.207 fgh	0.897 k	2.103 i
		F4	517 p	1913 j	2430 qrst	1.180 ghi	0.970 j	2.150 i
سال دوم Year 2	V1	F1	2667 b	-	2667 lmnopq	-	-	-
		F2	2907 a	–	2907 ghijkl	-	-	-
		F3	2583 c	–	2583 mnopqr	-	-	-
		F4	2023 f	–	2023 u	-	-	-
	V2	F1	-	2440 ef	2440 qrst	-	-	-
		F2	-	2247 gh	2247 stu	-	-	-
		F3	-	2630 c	2630 mnopqr	-	-	-
		F4	-	2225 h	2225 tu	-	-	-
	V3	F1	1923 g	1057 q	2980 fghij	1.120 ij	1.220 de	2.343 ef
		F2	2050 f	1022 qr	3072 defgh	1.053 j	1.347 b	2.407 de
		F3	1833 h	1205 p	3038 efghi	1.177 ghi	1.153 efg	2.330 f
		F4	1437 k	955 r	2392 qrst	1.183 ghi	1.073 hi	2.257 gh
	V4	F1	1750 i	1590 m	3340 bcd	1.250 efg	1.367 b	2.620 bc
		F2	1750 i	1520 m	3270 bcde	1.123 ij	1.437 a	2.560 c
		F3	1709 i	2090 i	3799 a	1.470 a	1.443 a	2.913 a
		F4	1223 l	1572 m	2795 hijklmn	1.383 bc	1.253 cd	2.637 b
	V5	F1	710 n	1808 k	2518 nopqrs	0.947 k	1.033 ij	1.980 j
		F2	807 m	1750 kl	2557 nopqr	0.880 k	1.123 fgh	2.003 j
		F3	652 no	2417 f	3068 defgh	1.190 ghi	1.170 efg	2.353 ef
		F4	450 p	1907 j	2357 rst	1.167 hi	1.060 hi	2.223 h

داده‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

There is no significant difference between the data with common letters in each column

V1= ۱۰۰ ٪ ماشک، V2= ۱۰۰ ٪ جو، V3= ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک، V4= ۵۰٪ جو +۵۰ ٪ ماشک، V5= ۷۵٪ جو + ۲۵٪ ماشک، F1= ازتوبارور ۱، F2= سوپرجاذب، F3= سوپرجاذب +ازتوبارور ۱، F4= شاهد

V1=100% Vetch , V2= 100% Barley , V3= 75% Vetch+25% Barley, V4= 50% Vetch + 50% Barley, V5= 25% Vetch+75% Barley, F1= Azetobarvar 1, F2= Superabsorbent, F3= Azetobarvar 1+ Superabsorbent, F4=Control

نتایج نشان داد که ماشک و جو در ترکیب‌هایی که بالاترین سهم (۷۵ درصد) را داشتند، بیشترین مجموع عملکرد نسبی را دارا بودند، به‌طوری‌که این شاخص در ماشک و جو منفی بود و نشان دهنده آن است که هیچ‌گونه اضافه محصولی به ترکیب افزوده نمی‌شود. بررسی‌ها نشان داد اگر مقدار RYT کمتر از یک باشد (RYT<1) تأثیر مخلوط منفی است، یعنی محصول زراعت مخلوط کمتر از تک‌کشتی است، چنانچه مجموع عملکرد نسبی بیشتر از یک باشد (RYT>1) باشد مقدار محصول در کشت مخلوط بالاتر از تک‌کشتی است (Mazaheri, 1998).

مجموع عملکرد نسبی کل ماشک و جو نشان داد که ترکیب ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد جو در سال دوم به همراه ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب، نقش مهمی در افزایش مجموع عملکرد نسبی داشتند، چون تیمارهای کشت مخلوط در این ترکیب شاخصی بالاتر از یک را نشان دادند که بیانگر برتر بودن کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ماشک و جو می‌باشد. بنابراین چنین استنباط شد که مجموع عملکرد نسبی کل در کشت مخلوط ۵۰٪ ماشک: ۵۰٪ جو مثبت عمل نموده، چون مقدار RYT این ترکیب (۱/۴۵۷) شاخصی بالاتر از یک را نشان داد که بیان کننده مثبت بودن کشت مخلوط در این نسبت متعادل است که نسبت به تک‌کشتی ماشک و جو برتری لازم را نشان داد. از دلایل مهم دیگر در افزایش RYT را احتمالاً می‌توان به سهم ماشک در ترکیب مرتبط دانست، از طرفی هم می‌توان به نقش مثبت ازتوبارور-۱ و ماده سوپرجاذب در افزایش مجموع عملکرد نسبی اشاره نمود، چون مجموع عملکرد نسبی در تیمارهای مخلوطی که این نهاده‌ها در آن حضور داشتند نسبت به تیمارهای کشت خالص ماشک و جو برتری لازم را نشان داد. بررسی‌ها در کشت مخلوط ماشک و جو نشان داد که با کاهش سهم ماشک گل‌خوشه‌ای در نسبت‌های مختلف کاشت، سهم این گیاه از عملکرد نسبی (RYT) کاهش و با افزایش سهم جو و تریتیکاله در نسبت‌های کاشت، عملکرد نسبی این گیاهان افزایش یافت (Lamei Harvani and Alizadeh Dizaj, 2012). در مطالعه‌ای دیگر بیشترین مجموع عملکرد نسبی کل (RYT=1.16) از کشت مخلوط ماشک و جو (۲۵:۷۵) گزارش گردید (Javanmard *et al*., 2014). بررسی دیگری در کشت مخلوط جو – ماشک نشان داد که مجموع عملکرد نسبی بالاتر از یک بود که مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را در مصرف منابع محیطی بیان می‌کند (Shaygan *et al*., 2008). مطالعه دیگر حاکی از اثرات مثبت کود زیستی ازتوبارور-۱ بر مجموع عملکرد نسبی و دیگر شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط باقلا و گلرنگ بود (Saeedi *et al*., 2018). از طرفی کود زیستی ازتوبارور-۱ در کشت مخلوط خرفه- بالنگوی شهری موجب افزایش مجموع ارزش نسبی و دیگر شاخص‌های رقابتی گردید که نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر دو گیاه بود (Rohi Salaran *et al*., 2019).

ضریب نسبی تراکم

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سه‌گانه سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب بر ضریب نسبی تراکم ماشک و جو معنی‌دار شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارهای سه‌گانه نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ضریب نسبی تراکم ماشک (۳/۱۸۳ و ۰/۲۸۷) به ترتیب به تیمارهای Y1V3F1 (سال ۱ × ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو × ازتوبارور-۱) و Y2V5F4 (سال ۲ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × شاهد) تعلق داشت. در گیاه جو هم بیشترین و کمترین ضریب نسبی تراکم جو (۱۱/۷۱۰ و ۰/۵۲۰) از تیمارهای Y2V5F3 (سال ۲ × ۷۵٪ جو + ۲۵٪ ماشک × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y1V3F3 (سال ۱ × ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) مشاهده گردید. از طرفی بیشترین و کمترین ضریب نسبی تراکم کل (۷/۵۷۷ و ۰/۸۱۳) به ترتیب از تیمارهای Y2V4F3 (سال ۲ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y1V5F3 (سال۱ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × ازتوبارور + سوپرجاذب) حاصل شد (جدول ۶).

نتایج نشان داد بیشترین ضریب نسبی تراکم ماشک (K_a) و جو (K_b) از سهم ۷۵ درصدی ترکیب به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش مشاهده گردید که مقدار شاخص آنها بیشتر از یک بود که نشان دهنده غالبیت ماشک و جو در جزء ۷۵ درصدی بود که نسبت به کمترین جزء ترکیب (۲۵ درصد) برتری داشت، از طرفی ضریب نسبی تراکم کل در سال دوم و از تیمار ۵۰ ماشک + ۵۰٪ جو مشاهده گردید که مقدار آن بیشتر از یک بود که مزیت کشت مخلوط را بر کشت خالص بیان می‌کند. از دلایل مهم در افزایش ضریب نسبی تراکم در تیمار متعادل (۵۰٪ ماشک : ۵۰٪ جو) را احتمالاً می‌توان به قرارگیری ماشک

و جو با کمترین رقابت در کنار هم و هم‌زیستی مسالمت آمیز ذکر نمود. با توجه به اینکه مقدار ضریب نسبی تراکم کل عدد قابل توجهی را نشان داد، بنابراین چنین استنباط شد که هر دو جزء در کشت مخلوط اثرات رقابتی کمتری بر یکدیگر داشتند و در مجموع کارایی کشت مخلوط را افزایش دادند. شایان ذکر است افزایش ضریب نسبی تراکم احتمالاً ممکن است به بارندگی مناسب در سال دوم (۹۳۷/۸ میلی‌متر) و نقش مثبت ازتوبارور-۱ و سوپرجاذب در کشت مخلوط مرتبط باشد که موجب افزایش عملکرد علوفه در این ترکیب گردید.

جدول ۵- تجزیه واریانس تیمارهای سه‌گانه سال × ازتوبارور۱ + سوپرجاذب × کشت مخلوط بر مجموع عملکرد نسبی ماشک، جو و مجموع عملکرد نسبی کل، ضریب نسبی تراکم ماشک و جو و ضریب نسبی تراکم کل (میانگین مربعات)

Table 5- Analysis the variance of three treatments per year × Azetobarvar 1 + superabsorbent × intercropping onrelative yield total of vetch and barley, relative yield total of whole, relative crowding coefficientof vetch and barley, and total relative crowding coefficient (mean square)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	مجموع عملکرد نسبی ماشک RYT vetch	مجموع عملکرد نسبی جو RYT Barley	مجموع عملکرد نسبی کل RYT total	ضریب نسبی تراکم ماشک RCC vetch (K_a)	ضریب نسبی تراکم جو RCC Barley (K_b)	ضریب نسبی تراکم کل RCC total (K_T)
سال Year	1	0.003**	0.009**	0.002**	0.220 **	5.171 **	1.589 **
تکرار (سال) R(Y)	4	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.001 ns	0.004 ns	0.007 ns
کشت مخلوط Intercropping	4	2.756**	3.250**	10.54**	19.863**	81.267 **	28.047**
سال × کشت مخلوط Intercropping×Year	4	0.003**	0.008**	0.018**	0.530**	2.570**	5.289**
ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب Azetobarvar-1+ superabsorbent	3	0.002*	0.004**	0.005**	0.021 **	4.383**	1.338**
سال × ازتوبارور-۱+ سوپرجاذب Azetobarvar-1 + ×Year superabsorbent	3	0.001 *	0.037 **	0.048 **	0.049 **	17.182 **	10.631**
کشت مخلوط × ازتوبارور-۱+ سوپرجاذب Azetobarvar-1 ×Intercropping + superabsorbent	12	0.001**	0.003**	0.004**	0.040**	3.514**	1.446**
سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱+ سوپرجاذب × Intercropping ×Year Azetobarvar-1+ superabsorbent	12	0.001**	0.008**	0.010**	0.030 **	1.287 **	2.565**
خطا Error	76	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.009
ضریب تغییرات CV (%)		3.85	3.14	2.65	2.37	3.85	4.75

ns غیر معنی دار، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد احتمال و ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد احتمال

ns non significant, * significant at 5% probability level and ** significant at 1% probability level

بررسی‌ها نشان داد که ضریب تراکم نسبی (K)، معیاری از غالبیت نسبی یک جزء در مخلوط، نسبت به جزء دیگر است و هر اندازه مقدار K بزرگتر باشد بدان معنی است که هر دو جزء در کشت مخلوط اثرات رقابتی کمتری بر یکدیگر دارند و در مجموع کارایی سیستم افزایش می‌یابد، این محققان در کشت مخلوط ذرت – لوبیا گزارش نمودند که با افزایش تراکم هر جزء در مخلوط، قدرت رقابت آن بر اساس شاخص درجه تهاجم افزایش یافت (Kouchaki *et al.*, 2014).

جدول ۶- مقایسه میانگین تیمارهای سه‌گانه سال × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب × کشت مخلوط بر مجموع عملکرد نسبی ماشک و جو و مجموع عملکرد نسبی کل، ضریب نسبی تراکم ماشک و جو و ضریب نسبی تراکم کل

Table 6- Comparison the average of three treatments per year × Azetobarvar 1 + superabsorbent × intercropping on relative yield total of vetch and barley, relative yield total of whole, relative crowding coefficient of vetch and barley, and total relative crowding coefficient

سال Year	کشت مخلوط Intercropping	کود Fertilizer	مجموع عملکرد نسبی ماشک RYT vetch	مجموع عملکرد نسبی جو RYT Barley	مجموع عملکرد نسبی کل RYT Total	ضریب نسبی تراکم ماشک RCC vetch	ضریب نسبی تراکم جو RCC Barley	ضریب نسبی تراکم کل RCC (Total)
سال اول Year 1	V1	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-	-	-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V2	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-	-	-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V3	F1	0.763 a	0.483 gh	1.247 bc	3.183 a	0.927 mn	2.953 e
		F2	0.750 a	0.547 g	1.297 b	2.973 b	1.210 l	3.597 d
		F3	0.747 a	0.340 i	1.087 efg	2.933 b	0.520 o	1.523 j
		F4	0.767 a	0.480 gh	1.247 bc	3.170 a	0.920 mn	2.917 e
	V4	F1	0.623 c	0.643 f	1.267 bc	1.483 g	1.803 k	2.673 f
		F2	0.633 c	0.667 ef	1.300 b	1.753 f	2 ij	3.507 d
		F3	0.603 c	0.540 g	1.147 de	1.527 g	1.173 l	1.787 hi
		F4	0.600 c	0.680 ef	1.280 bc	1.333 h	2.137 i	2.850 ef
	V5	F1	0.300 d	0.773 cd	1.070 fgh	0.333 kl	3.490 e	1.157 lm
		F2	0.310 d	0.897 a	1.207 cd	0.447 j	8.680 b	3.877 bc
		F3	0.243 de	0.713 def	0.957 i	0.323 kl	2.517 h	0.813 n
		F4	0.250 de	0.767 cd	1.013 ghi	0.447 j	3.273 f	1.463 jk
سال دوم Year 2	V1	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-		-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V2	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-	-	-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V3	F1	0.723 ab	0.437 h	1.153 de	2.603 c	0.767 n	1.997 gh
		F2	0.707 ab	0.447 h	1.153 de	2.403 d	0.817 mn	1.963 gh
		F3	0.710 ab	0.457 h	1.170 d	2.440 d	0.847 mn	2.063 g
		F4	0.713 ab	0.430 h	1.140 def	2.460 d	0.757 n	1.860 gh
	V4	F1	0.657 bc	0.653 f	1.310 b	1.913 e	1.883 jk	3.607 d
		F2	0.607 c	0.667 ef	1.273 bc	1.520 g	2.010 ij	3.057 e
		F3	0.663 bc	0.797 bc	1.457 a	1.953 e	3.877 d	7.577 a
		F4	0.270 de	0.740 cde	1.007 hi	1.530 g	2.413 h	3.693 cd
	V5	F1	0.277 de	0.767 cd	1.047 gh	0.360 kl	2.883 g	1.043 mn
		F2	0.250 de	0.703 def	1.170 d	0.383 jk	3.327 ef	1.280 kl
		F3	0.603 c	0.920 a	1.310 b	0.340 kl	11.710 a	3.953 b
		F4	0.220 e	0.853 ab	1.080 efgh	0.287 l	5.663 c	1.627 ij

داده‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

There is no significant difference between the data with common letters in each column

V1= ۱۰۰ ٪ ماشک، V2= ۱۰۰ ٪ جو، V3= ٪۲۵ جو + ٪۷۵ ماشک، V4= ٪۵۰ جو +۵۰ ٪ ماشک، V5= ٪۷۵ جو + ٪۲۵ ماشک، F1= ازتوبارور ۱، F2= سوپرجاذب، F3= سوپرجاذب +ازتوبارور ۱، F4= شاهد

V1=100% Vetch , V2= 100% Barley , V3= 75% Vetch+25% Barley, V4= 50% Vetch + 50% Barley, V5= 25% Vetch+75% Barley, F1= Azetobarvar 1, F2= Superabsorbent, F3= Azetobarvar 1+ Superabsorbent, F4=Control

تحقیقات دیگری نشان داد که ضریب نسبی تراکم جو در کشت خالص معادل ۱/۲۰ بود، در صورتی‌که ضریب نسبی تراکم جو (۱/۶۴) در کشت مخلوط با حبوبات ماشک، جو و خلر نشان می‌دهد که جو رقابتی‌تر از حبوبات است، این محققان ضریب نسبی تراکم کل (۴/۲۵) را از کشت مخلوط ۷۵٪ ماشک و ۲۵٪ جو گزارش نمودند (Javanmard *et al*., 2014). بررسی‌ها نشان داد که ضریب ازدحام نسبی تراکم در کشت مخلوط یونجه با رازیانه تحت تأثیر کود زیستی نیتروکسین قرار گرفت، به‌طوری‌که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود زیستی) برتری داشت (Aghababa Dastjerdi *et al*., 2017).

نسبت رقابت

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سه‌گانه سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب بر نسبت رقابت ماشک و جو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه میانگین تیمارهای سه‌گانه نشان داد بیشترین و کمترین (۴/۰۵۰ و ۰/۲۶۰) نسبت رقابت جزئی ماشک به ترتیب از ترکیب‌های Y1V5F3 (سال ۱ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y2V3F2 (سال ۲ × ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو × سوپرجاذب) مشاهده گردید. بیشترین و کمترین نسبت رقابت جزئی جو (۳/۸۳۰ و ۰/۲۴۷) به ترتیب به تیمارهای Y2V3F2 (سال ۲ × ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک × سوپرجاذب) و Y1V5F3 (سال ۱ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) تعلق داشت. بیشترین و کمترین نسبت رقابت کل (۴/۲۹۷ و ۲) به ترتیب از تیمارهای Y1V5F3 (سال ۱ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y2V4F3 (سال ۲ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) مشاهده گردید (جدول ۸). نتایج نشان داد که با افزایش سهم گونه‌های ماشک و جو در ترکیب، نسبت رقابت کاهش و بالعکس با کاهش سهم، نسبت رقابت افزایش یافت (رقابت جزئی)، از طرفی در نسبت رقابت مجموع، بیشترین رقابت از ترکیب ۲۵ ماشک : ۷۵ جو مشاهده شد که نشان‌دهنده ازدحام جو در کشت مخلوط با ماشک در این ترکیب است. از دلایل مهم رقابت ماشک با جو در این ترکیب را احتمالاً می‌توان به رطوبت ایجادشده (سوپرجاذب) در ترکیب و از طرفی قیم‌بودن جو برای ماشک نسبت داد که گیاه جو برتری لازم را نشان داد. از دلایل مهم دیگر را می‌توان به تراکم بوته مناسب در ترکیب ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو اشاره کرد که کمترین رقابت را ایجاد نمود. بنابراین به نظر می‌رسد که ترکیب فوق بهترین ترکیب برای تولید علوفه باشد، چون ماشک و جو فرصت کافی برای تولید شاخه‌های فرعی را به‌واسطه کمترین رقابت داشته، از طرفی این دو گیاه در ترکیب به بهترین نحو از منابع محیطی مانند عناصر ماکرو و میکرو، هم‌چنین رطوبت ایجادشده توسط سوپرجاذب و نیتروژن تولیدشده توسط ازتوبارور-۱ را در کمترین رقابت، استفاده نموده‌اند. شایان ذکر است که همزیستی ماشک با جو در نقش مکملی موجب شد که کمترین رقابت در ترکیب حاصل شود. مطالعه در کشت مخلوط ماشک معمولی - تریتیکاله و خلر –تریتیکاله نشان داد که نسبت رقابت (CR) در کشت مخلوط بالاتر از تک‌کشتی بود (Rakeih *et al*., 2008). بررسی دیگر در کشت مخلوط نخود فرنگی با چاودار و تریتیکاله نشان داد کم بودن نسبت رقابت به این معنی است که آن گونه می‌تواند با گونه دیگر به صورت مخلوط کشت شود ولی اگر نسبت رقابت گونه‌ای بیشتر از یک باشد مفهوم آن این است که آن گونه در کشت مخلوط از غالبیت برخوردار است (Lithorgidis *et al*., 2011). از طرفی در کشت مخلوط گندم – نخود نشان داده شد که نسبت رقابتی گندم و نخود زراعی بیانگر توانایی رقابتی بیشتر گندم نسبت به نخود می‌باشد و در واقع ارتفاع بیشتر گندم و هم‌چنین اشغال فضای بیشتر عرضی منجر به رشد ضعیف نخود زراعی و درنتیجه مغلوب‌شدن آن شد (Mashadi *et al*., 2015). تحقیقات نشان داد که کود زیستی ازتوباکتر بر نسبت رقابت شنبلیله - ذرت تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که گیاه ذرت به عنوان گیاه غالب رقابت بیشتری را دارا بود (Abbasdokht *et al*., 2021).

کاهش واقعی عملکرد

نتایج نشان داد اثر سه‌گانه سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب بر کاهش واقعی عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین کاهش واقعی عملکرد جزئی ماشک (۳/۸۳۳ و ۰/۴۱۰) به ترتیب به تیمارهای Y1V5F3 (سال ۱ × ۲۵٪ ماشک + ۷۵٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) و Y2V3F2 (سال ۲ × ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو × سوپرجاذب) تعلق داشت.

جدول ۷- تجزیه واریانس تیمارهای سه گانه سال × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب × کشت مخلوط بر نسبت رقابت ماشک و جو، نسبت رقابت کل، کاهش واقعی عملکرد ماشک و جو و کاهش واقعی عملکرد کل (میانگین مربعات)

Table 7- Analysis the variance of three treatments per year × Azetobarvar 1 + superabsorbent × intercropping on vetch and barley competition ratio, total competition ratio, real reduction of vetch and barley yield, and real total yield reduction (mean squares)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	نسبت رقابت ماشک CR vetch	نسبت رقابت جو CR barley	نسبت رقابت مجموع CR total	کاهش واقعی عملکرد ماشک AYL vetch	کاهش واقعی عملکرد جو AYL barley	کاهش واقعی عملکرد کل AYL total
سال Year	1	1.003 **	0.896 **	0.005 ns	0.850 **	0.827**	0.000 ns
تکرار (سال) R(Y)	4	0.001 ns	0.003 ns	0.001 ns	0.001 ns	0.008 ns	0.006 ns
کشت مخلوط Intercropping	4	38.751**	31.799 **	60.963 **	30.838**	37.493 **	26.072 **
سال × کشت مخلوط Intercropping×Year	4	0.425 **	0.385 **	0.910 **	0.333 **	0.225 **	0.538 **
ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب Azetobarvar-1 + superabsorbent	3	0.464 **	0.443 **	0.002 ns	0.363 **	0.731**	0.098 **
سال × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب Azetobarvar-1 + ×Year superabsorbent	3	0.051 **	0.035 **	0.021 **	0.239 **	0.311 **	0.915 **
کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب Azetobarvar-1 ×Intercropping ×+ superabsorbent Intercropping	12	0.198 **	0.189 **	0.434 **	0.123 **	0.350 **	0.477 **
سال × کشت مخلوط × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب × Intercropping ×Year Azetobarvar-1 + superabsorbent	12	0.022 **	0.015 **	0.041 **	0.096 **	0.079 **	0.254 **
خطا Error	76	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.007
ضریب تغییرات CV (%)		2.75	4	2.03	2.56	3.88	2.69

ns غیر معنی دار و ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد احتمال

ns non significant and ** significant at 1% probability level

از طرفی بیشترین و کمترین کاهش واقعی عملکرد جزئی جو (۴/۴۰۰ و ۰/۱۹۳) به ترتیب از تیمارهای Y2V3F2 (سال ۲ × ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک × سوپرجاذب) و Y1V5F3 (سال ۱ × ۷۵٪ جو + ۲۵٪ ماشک × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) مشاهده گردید. نتایج کاهش واقعی عملکرد کل (ماشک و جو) نشان داد که بیشترین و کمترین کاهش واقعی عملکرد (۴/۹۹۰ و ۲/۶۴۰) به ترتیب از تیمارهای Y1V3F2 (سال ۱ × ۷۵٪ ماشک + ۲۵٪ جو × سوپرجاذب) و Y1V4F3 (سال ۱ × ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب) به‌دست آمد (جدول ۸). با توجه به نتایج فوق، ترکیب‌های Y1V5F3 و Y2V3F2 به واسطه کم بودن تراکم گیاهی (جزء ۲۵ درصد)، بیشترین کاهش واقعی عملکرد را داشتند، چون کاهش واقعی عملکرد زمانی صورت می‌گیرد که یک گونه در مخلوط با گونه‌ی دیگر دارای کمترین سهم باشد. در این آزمایش کاهش واقعی عملکرد کل نشان داد که تیمار ۵۰ ماشک + ۵۰ جو در سال اول کمترین کاهش واقعی عملکرد را داشت، از طرفی با توجه به مجموع عملکرد خشک که ترکیب ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو به عنوان بهترین تیمار جهت تولید علوفه معرفی گردید، بنابراین به نظر می‌رسد که این تیمار با تراکم بوته مناسب و به واسطه شاخه‌های فرعی بالا در ماشک و تعداد پنجه‌های بارور مطلوب در جو و کم‌بودن ارتفاع بوته باعث شد که کمترین رقابت به‌وجود آید. با توجه به بالابودن تراکم بوته در سهم ۷۵ درصدی ماشک و جو در ترکیب ۷۵٪ ماشک : ۲۵٪ جو و ۷۵٪ جو : ۲۵٪ ماشک، این روند موجب گردید که هر دو گیاه دارای کمترین

کاهش واقعی عملکرد باشند، از طرفی سهم ۲۵ درصدی ماشک و جو به واسطه کم بودن تراکم بوته دارای بیشترین کاهش واقعی عملکرد (اُفت) بود، بنابراین نقش گیاه همراه (جزء ۷۵ درصدی در ترکیب) موجب شد که مواد غذایی بیشتری از محیط آزمایشی (کرت) دریافت نمایند که در نهایت موجب کاهش واقعی عملکرد در کمترین جزء مخلوط (۲۵ درصد) ماشک و جو در ترکیب گردید.

جدول ۸- مقایسه میانگین تیمارهای سه‌گانه سال × ازتوبارور-۱ + سوپرجاذب × کشت مخلوط بر نسبت رقابت ماشک و جو، نسبت رقابت کل، کاهش واقعی عملکرد ماشک و جو و کاهش واقعی عملکرد کل

Table 8- Comparison the average of three treatments per year × Azetobarvar 1 + superabsorbent × intercropping on vetch and barley competition ratio, total competition ratio, real reduction of vetch and barley yield, and real total yield reduction

سال Year	کشت مخلوط Intercropping	کود Fertilizer	نسبت رقابت ماشک CR vetch	نسبت رقابت جو CR Barley	نسبت رقابت مجموع CR Total	کاهش واقعی عملکرد ماشک AYL vetch	کاهش واقعی عملکرد جو AYL Barley	کاهش واقعی عملکرد کل AYL Total
سال اول Year 1	V1	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-	-	-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V2	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-	-	-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V3	F1	0.380 opq	2.633 f	3.013 j	0.743 k	3.597 c	4.430 c
		F2	0.320 qr	3.110 c	3.430 f	0.690 kl	4.293 a	4.990 a
		F3	0.447 o	2.157 h	2.607 m	0.613 lm	2.580 f	3.193 hi
		F4	0.403 op	2.480 g	2.883 k	0.790 k	3.430 d	4.220 cd
	V4	F1	1.140 k	0.880 lm	2.020 o	1.713 g	1.377 j	3.090 hi
		F2	0.963 lm	1.037 jk	2 o	1.553 h	1.650 h	3.203 hi
		F3	1.353 i	0.743 n	2.093 n	1.663 g	0.977 k	2.640 j
		F4	1.210 j	0.827 m	2.037 no	1.847 ef	1.350 j	3.197 hi
	V5	F1	3.453 c	0.297 pqr	3.750 d	3.727 b	0.383 no	4.100 de
		F2	2.853 f	0.347 pq	3.197 h	3.693 b	0.623 l	4.317 c
		F3	4.050 a	0.247 rs	4.297 a	3.833 a	0.193 p	4.027 def
		F4	3.633 b	0.277 qr	3.910 c	3.707 b	0.297 op	4.003 efg
سال دوم Year 2	V1	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-	-	-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V2	F1	-	-	-	-	-	-
		F2	-	-	-	-	-	-
		F3	-	-	-	-	-	-
		F4	-	-	-	-	-	-
	V3	F1	0.307 qr	3.238 b	3.583 e	0.490 no	3.890 b	4.377 c
		F2	0.260 rs	3.830 a	4.090 b	0.410 o	4.400 a	4.807 b
		F3	0.340 pq	2.947 d	3.283 g	0.567 mn	3.623 c	4.190 cde
		F4	0.367 pq	2.730 e	3.093 i	0.577 mn	3.300 e	3.877 fg
	V4	F1	0.917 m	1.097 j	2.007 o	1.507 h	1.740 h	3.247 h
		F2	0.783 n	1.280 i	2.060 no	1.253 i	1.873 g	3.127 hi
		F3	1.017 l	0.983 k	2 o	1.940 e	1.890 g	3.830 g
		F4	1.103 k	0.913 l	2.007 o	1.763 fg	1.513 i	3.277 h
	V5	F1	2.747 g	0.363 op	3.110 i	2.777 c	0.377 no	3.153 hi
		F2	2.353 h	0.430 o	2.773 l	2.520 d	0.497 mn	3.013 i
		F3	3.053 e	0.330 pq	3.380 f	3.750 ab	0.557 lm	4.307 c
		F4	3.303 d	0.303 pqr	3.603 e	3.660 b	0.410 no	4.070 def

داده‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

There is no significant difference between the data with common letters in each column

V1= ۱۰۰ ٪ ماشک، V2= ۱۰۰ ٪ جو، V3= ۲۵٪ جو + ۷۵٪ ماشک، V4= ۵۰٪ جو +۵۰ ٪ ماشک، V5= ۷۵٪ جو + ۲۵٪ ماشک، F1= ازتوبارور ۱، F2= سوپرجاذب، F3= سوپرجاذب +ازتوبارور ۱، F4= شاهد

V1=100% Vetch , V2= 100% Barley , V3= 75% Vetch+25% Barley, V4= 50% Vetch + 50% Barley, V5= 25% Vetch+75% Barley, F1= Azetobarvar 1, F2= Superabsorbent, F3= Azetobarvar 1+ Superabsorbent, F4=Control

بررسی‌ها نشان داد که شاخص کاهش واقعی عملکرد (AYL) اطلاعات مفید و بیشتری نسبت به دیگر شاخص‌ها در مورد رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای گیاهان زراعی و رفتار هریک از گونه‌ها در سیستم زراعی مخلوط ارائه می‌دهد و بیانگر عملکرد تولیدی توسط هر گیاه است، این محقق بیان داشت اگر شاخص واقعی عملکرد مثبت و یا منفی باشد، ارزش سودمندی یا عدم سودمندی را در کشت مخلوط بیان می‌کند (Mazaheri, 1998). مطالعه دیگر در کشت مخلوط ماشک گل‌خوشه‌ای و جو نشان داد که شاخص اُفت واقعی عملکرد (AYL) در هیچ یک از ترکیب‌های کشت مخلوط با تراکم‌های مورد بررسی اُفت عملکرد نداشت که بیانگر سودمندی کشت مخلوط به تک‌کشتی بود، این محققان دلیل آن را به استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت بین گونه‌ای و درون‌گونه‌ای نسبت دادند (Ahmadi *et al*., 2010). در همین راستا محققان در کشت مخلوط باقلا با گلرنگ، اُفت عملکرد واقعی کل را در همه نسبت‌های مخلوط بزرگ تر از صفر به‌دست آوردند که نشان می‌دهد الگوهای کشت مخلوط نتیجه مثبتی بر عملکرد نسبت به کشت‌های خالص داشته است (Saeedi *et al*., 2018). بررسی‌ها نشان داد که کود زیستی ازتوبارور-۱ در کشت مخلوط خرفه- بالنگوی شهری موجب گردید که اکثر تیمارهای کشت مخلوط افت واقعی عملکرد نداشته باشند، به عبارت دیگر در بیشتر تیمارها مقادیر افت عملکرد واقعی کل مثبت بود (Rohi Salaran *et al*., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که افزایش تولید علوفه متأثر از سهم جزء لگوم (ماشک) و عوامل مدیریتی (کود زیستی ازتوبارور-۱ و پلیمر سوپرجاذب) بود، به‌طوری‌که تلفیق نظام زراعی مخلوط با دو عامل مذکور، قادر به بهبود عملکرد کمی و شاخص‌های رقابتی در شرایط آب و هوائی خرم‌آباد شد. از طرفی تلفیق کود زیستی ازتوبارور-۱ و ماده سوپرجاذب (عامل جذب رطوبت) نقش جبرانی مهمی در تعادل کمیت اجزای مخلوط به‌ویژه در شرایط کنونی (دیم) به‌علت کمبود رطوبت داشت که سودمندی کشت مخلوط را نسبت به خالص و بهبود شاخص‌های رقابتی در راستای اهداف کشاورزی پایدار را سبب شد. در این آزمایش کود زیستی ازتوبارور-۱ با کمترین میزان و حجم (۱۰۰ گرم در هکتار) به صورت بذرمال و محلول‌پاشی برای کشاورزان صرفه اقتصادی داشته و می‌تواند جایگزین مناسبی برای کود شیمیایی نیتروژن باشد. با توجه به تیمار ۵۰٪ ماشک + ۵۰٪ جو که در سال دوم بیشترین عملکرد علوفه را دارا بود، به نظر می‌رسد این تیمار می‌تواند برای کشت در مناطقی شبیه با شرایط آب و هوایی خرم‌آباد کشت گردد.

References

Abbasdokht, H., Shafaghi, A. and Gholipoor, M. 2021. Effect of biological and chemical source of nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of maize and fenugreek forage in additive intercropping series. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *52*(1), PP.61-73 [In persian]. **doi: 10.22059/ijfcs.2020.271663.654558**

Aghababa Dastjerdi, M., Amini Dehghi, M., Basakzadeh, Z. and Shafiei Adib, S. 2017. Effect of biofertilizer on yield and quality characteristics of fennel in additive intercropping with prennial alfalfa. *Plant Production Technology*, *17*(1), PP.125-140 [In persian]. **doi10.22084/ppt.2017.2208**

Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R. and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and usefulness indices in intercropping of barley and vetch. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, *2*(20), PP.77-87 [In persian].

Alizadeh, A. 2014. Principles of Applied Hydrology. Seventh Edition. Thirty-seventh edition. *Imam Reza University Press*, Mashhad, 942 P [In persian].

Amani Machiani, M. A., Javanmard, A., Morshedloo, M. R. and Maggi, F. 2018. Evaluation of yield, essential oil

content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Cleaner Production*, *171*, PP.529-537. **doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.062**

Asadi, G. and Khoramdel, S. 2014. Effect of barley mixed cultivars with cluster vetch on population and weed diversity and yield. *Journal of Crop Production*, *7*(1), PP.131-156 [In persian]. **doi: 20.1001.1.2008739.1393.7.1.8.1**

Asghari Maidani, J. and Karimi, A. 2014. The effect of seed mixing ratios in intercropping of forage and barley vetch on their yield in rainfed conditions. *Iranian Journal of Crop Research*, *12*(4), PP.677-682 [In persian]. **doi: 10.22067/gsc.v12i4.21334**

Bahrami, S., and Visani, V. 2018. Investigation of forage characteristics of mixed barley (*Hordeum vulgare* L.) with kelp (*Lathyrus sativus* L.), fodder chickpea (*Pisum avestum* L.) vetch (*Vicia villosa* L.) and Hungarian vetch (*Vicia panoinica* L.) under the influence of planting density in rainfed conditions. *Journal of Agricultural Ecology*, *10*(3), PP.665-678 [In persian]. **doi:10.22067/jag.v10i3.37021**

Baishya, A. and Sharma, G. L. 1990. Energy budgeting of rice-wheat cropping systems. *Indian Journal Agronomy*, *35*(12), PP.167-177.

Contreras Paco J. L., Ramírez Rivera H., Tunque Quispe M., Aroni Quintanilla Y. R. and Curasma Ccente J. 2020. **P**roductive and nutritional aspects of forages oats and barley alone and consociated to vetch in high Andean conditions. *MOJ Food Processing and Technology*, *8*(2), PP.56-65. **doi: 10.15406/mojfpt.2020.08.00243**

Danazadeh, D., Daneshvar, M. H. and Yari, F. 2014. The effect of nitrogen fertilizer application on some vegetative traits and nutrient uptake in marigold (*Calendula officinalis*). *The Second National Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources*, PP.1-7 [In persian].

Daraei Mofrad, A .2007 .Evaluation of mixed and single barley cultivation with coarse leaf (Broad leaf) vetch in weed interference and control conditions in Khorramabad. *Master Thesis in Agriculture. Faculty of Agriculture, Lorestan University*, 227 P [In persian].

Dordas, C. A., Lithourgidis, A. S. and Galanopoulou, K. 2019. Intercropping of faba bean with barley at various spatial arrangements affects dry matter and N yield, nitrogen nutrition index, and interspecific competition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *47*(4), PP.1116-1127. **doi:10.15835/nbha47411520**

Duchene, O., Vian, J. F. and Celette, F. 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *240*, PP.148-161. **doi: 10.1016/j.agee.2017.02.019**

Fallahian, Y., Purusef-Miandoab, M. and Hassanzadeh-Ghort-Tappeh, A. 2017. Investigation of the effect of superabsorbent on some agronomic characteristics of flax and lentils in intercropping under dryland conditions. National *Conference on Dryland Medicinal Plants of Iran*. 4 p [In persian].

Frasier, I., Noellemeyer, E., Amiotti, N. and Quiroga, A. 2017. Vetch-rye biculture is a sustainable alternative for enhanced nitrogen availability and low leaching losses in a no-till cover crop system. *Field Crops Research*, *214*, PP.104-112. **doi**: **10.1016/j.fcr.2017.08.016**

Gaungwei, D., Xiaobing, L., Stephan. H., Jeffrey, N., Dual, A. and Baoshan, X. 2006. The effect of cover crop

management on soil organic matter. *Geoderma*, *130*(3-4), PP.229-239. **doi** :**10.1016/j.geoderma.2005.01.019**

Gunes, A., Kitir, N., Turan, M., Elkoca, E., Yildirim, E. and Avci, N. 2016. Evaluation of effects of water-saving superabsorbent polymer on corn (*Zea mays* L.) yield and phosphorus fertilizer efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *40*(3), PP.365-378. **doi** :**10.3906/tar-1511-126.**

Habibi, S. D., Kashani, A., Paknejad, F., Jafari, H., Jami Al-Ahmadi, M., Tookalloo, M. R. and Lamei, J. 2010. Evaluation of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) in pure and mixed cropping with barley (*Hordeum vulgare* L.) to determine the best combination of legume and cereal for forage production. *American Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *5*, PP.169-176. **doi: 10.3844/ajabssp.2010.169.176**

Ibrahim, A. T. I. S. and Acikalin, S. 2020. Yield, quality and competition properties of grass pea and wheat grown as pure and binary mixture in different plant densities. *Turkish Journal of Field Crops*, *25*(1), PP.18-25. **doi: 10.17557/tjfc.737476**

Javanmard, A., Machiani, M. A., Lithourgidis, A., Morshedloo, M. R. and Ostadi, A. 2020. Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage. *Cleaner Engineering and Technology*, 100003. **doi: 10.1016/j.clet.2020.100003.**

Javanmard, A., Shekari, F. and Deganian, H. 2014. Evaluation of forage yield and competition indices for intercropped barley and legumes. *Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, *8*(2), PP.193-196. **doi: 10.5281/zenodo.1108434**

Jensen, E. S., Carlsson, G. and Hauggaard-Nielsen, H. 2020. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, *40*(1), PP.1-9. doi:10.1007/s13593-020-0607-x

Khodadadi Dehkordi, D. 2016. The effects of superabsorbent polymers on soils and plants. *Pertanika Journal Tropical Agriculture Science*, *39*(3), PP.267–298.

Kordi, S., Shafagh Kolvanagh, J., Zehtab Salmasi, S. and Daneshvar, M. 2017. Evaluation of yield quantity and quality of forage corn and sweet basil affected by biological, chemical and integrated nitrogen fertilizers in intercropping. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 27*(3), pp.138-152 [In persian].

Kouchaki, A., Nasiri Mahallati, M., Deihimfard, R., Mirzaei Talarposhti, R. and Khairkhah, M. 2014. Evaluation of competition and efficiency of corn-bean intercropping system using some competitive indicators. *Iranian Journal of Crop Research*, *12*(4), PP.535-542 [In persian]. **doi: 10.22067/gsc.V12I4.45134**

Lamei Harvani, J. and Alizadeh Dizaj, K. h. 2012. Selection of the most suitable date for cultivation of clustered vetch with barley and triticale in dryland conditions of Zanjan. *Iranian Journal of Rainfed Agricultural Sciences*, *1*(1), PP.17-39 [In persian]. **doi.:10.22092/idaj.2012.100094**

Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Boom, T. V. D., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E. and Witzenberger, A. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, *119*(3), PP.561-601.

Latifinia, A., Akbari, N., Nazarian Firoozabadi, F. and Heydari, S. 2017. Investigation of the effect of culture lines, nitroxin biofertilizer and superabsorbents on yield and yield components of broad leaf vetch. *Iranian Journal*

of Crop Research, *15* (3), PP.648-639 [In persian]. **doi 10.22067/gsc.v15I3.52235**

Lithourgidis AS, Vlachostergios D. N, Dordas C. A. and Damalas C. A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, *34*(4), PP.287-294. **doi: 10.1016/j.eja.2011.02.007**

Martin-Guay, M. O., Paquette, A., Dupras, J. and Rivest, D. 2018. The new green revolution: sustainable intensification of agriculture by intercropping. *Science of the Total Environment*, *615*, PP.67-772. **doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.024.**

Mashhadi, T., Nakhzari-Moghaddam, A. and Sabory, H. 2015. Evaluation of competition indicators in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under the influence of nitrogen. *Journal of Agricultural Ecology*, *7*(3), PP.344-355. (In Persian).

Mazaheri, D. 1998. Mixed Agriculture. Institute of Publishing and Printing, *University of Tehran*, 258 P [In persian].

Mohammadpour, Q., Ghobadi, M.A., Mohammadi, G.R. and Ghobadi, M. 2017. Investigation of the effect of different amounts of nitrogen and azetobarvar on the growth and yield of chickpea (*Cicer arientinum*). *Journal of Agricultural Ecology*, *9*(1), PP.129-141 [In persian]. **doi:10.22067/jag. v 9i1. 49337**

Nakhzari Moghaddam, A. 2016. Effect of nitrogen and different intercropping arrangement of barley (*Hordeum vulgare* L.) and Pea (*Pisum sativum*)) on Forage Yield and Competitive indices. *Journal of Agricultural Ecology*, *8*(1), PP.47-58 [In persian]. doi: 10.22067/JAG.V8I1.12534.

Neumann, A., Werner, J. and Rauber, R. 2009. Evaluation of yield-density relationships and optimization of intercroping compositions of field-grown pea-oat intercrops using the replacement series and the response surface design. *Field Crops Research*, *114*, PP.286-294. **doi: 10.1016/j.fcr.2009.08.013**

Norozi, M. and Kazemini, S. A. 2012. Effect of low irrigation and plant density on safflower seed growth and yield. *Iranian Journal of Crop Research*, *10*(4), PP.781-788 [In persian]. **doi: 10.22067/gsc.v10i4.20388.**

Rakeih, N., Kayyal, H., Larbi, A. and Habib, N. 2008. Forage potential of triticale in mixtures with forage legumes in rainfed regions (Second and third stability zones) in Syria. *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies Biological Science Series*, *30*(5), PP.203-217.

Rezaei Chianeh, A., Pirzad, A. and Farjami, A. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus and sulfur supply bacteria on seed yield and cumin essential oil (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, *24*(4), PP.71-83 [In persian].

Rohi Salaran, A., Shafaq Kalvanagh, J., Dabagh Mohammadi Nasab, A. and Saeedi, M. 2019. Effect of Biofertilizers and Mulching on Growth, Yield and Omega-3 fatty acid of Purslane (Portulaca oleracea L.) Intercropped with Dragon's head (*Lallemantia iberica* Fischer and C.A. Meyer). *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, *29*(2), PP.283-268 [In persian].

Rosales, M.A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J. and Covarrubias, A. A. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiology and Biochemistry*, *56*, PP.24-34. **doi:**

10.1016/j.plaphy.2012.04.007.

Saeedi, M., Rai, Y., Amini, R., Pasbana Eslam. B. and Rohi Saralan, A. 2019. Effect of nitrogen and phosphorus biochemical and chemical fertilizers on growth, yield and percentage of safflower fatty acids in mixed bean cultivation. *Journal of Agricultural Crops Production*, *20*(4), PP.769-784 [In persian].

Salama, H. S. A., El-Karamity, D. E. S. and Nawar, A. L. 2016. Additive intercropping of wheat, barley, and faba bean with sugar beet: Impact on yield, quality and land use efficiency. *Egypt Journal Agron*omy, *38*(3), PP.413-430.

Shakorzadeh, A., Alizadeh, K. h., Pouryousef, M. and Ghaffari, A. 2012. Investigation of the effect of density and mixing ratios on the quantitative and qualitative yield of forage in barley-vetch mixed cultivation in rainfed conditions. *Iranian Journal of Rainfed Agricultural Sciences*, *1*(1), PP.63-74 [In persian]. **doi: 10.22092/idaj.2012.100098**

Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian-Mashhadi, R. and Peyghambari, S. A. 2008. Effect of planting date and intercropping maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *10*(1), PP.31-46 [In persian].

Wang, X., Yang, Y., Zhao, J., Nie, J., Zang, H., Zeng, Z. and Olesen, J. E. 2020. Yield benefits from replacing chemical fertilizers with manure under water deficient conditions of the winter wheat–summer maize system in the north china plain. *European Journal of Agronomy*, *119*, P. 126118. **doi: 10.1016/j.eja.2020.126118.**

Weber, E. and Bleiholder, H. 1990. Explanations of the BBCH decimal codes for the growth stages of maize, rape, faba beans, sunflowers and peas-with illustrations. *Gesunde Pflanzen*, *42*(9), PP.308-321.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 5, Issue 2, Autumn 2023, P. 465-485

Evaluation of forage yield and competitive indices of vetch and barley intercropping under the influence of Azetobarvar-1 biofertilizer and superabsorbent

Norollah Toolabi[1], Issa Khammari[2*], Alireza Sirosmehr[2], Mashallah Daneshvar[3], Mohammad Galavi[2], Mehdi Dahmardeh[2]

[1] Ph.D Graduate in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[3] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[*]Corresponding Author: Ikhammari@uoz.ac.ir

Received: 17 November 2021 Accepted: 30 December 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.315524.1157**

Abstract

Introduction: Due to the expansion of monoculture systems and the indiscriminate application of chemical fertilizers for mass production, this process reduces biodiversity and environmental pollution. On the other hand, due to the important role of vetch and barley in feeding livestock and the lack of fodder due to the monoculture system in the rainfed areas, the yield of fodder has decreased due to the lack of moisture and the inactivity of soil microorganisms. Therefore, the present research was conducted to investigating the application of biofertilizer Azotobarvar-1 and superabsorbent material in mixed cultivation of vetch and barley as a strategy to increase fodder yield.

Materials and Methods: This experiment was conducted in order to investigate the yield of dry fodder and the competitive indicators of vetch and barley mixed crop in rainfed conditions under the influence of Azotobarvar-1 fertilizer and superabsorbent material during the cropping years of 2016-2017 and 2017-2018 in the research farm of the Faculty of Agriculture of Lorestan University. It was carried out factorial based on randomized complete block design with three replications. The first factor, mixed cultivation in 5 levels including: V1= 100% vetch, V2= 100% barley, V3= 75% vetch + 25% barley, V4= 50% vetch + 50% barley and V5= 25% vetch + 75% barley by replacement method and the second factor of coexistence of Azotobarvar-1 and superabsorbent material at 4 levels including: F1= Azotobarvar-1, F2= Superabsorbent, F3= Azotobarvar-1 + Superabsorbent and F4= control treatments. In order to farm preparing, first plowing was done with a reversible plow in the fall, then two vertical discs were placed on the ground to level and prepare the seed bed. Cultivation lines were created by plowing in the experimental field. Each plot was 4 meters long and 1.5 meters wide. Each plot has 6 planting lines with 25cm and 1m for row to row and plot to plot respectively. Distance between blocks was 3m. Azotobarvar-1 biofertilizer (seeded and foliar application) was applied by 100g.ha^{-1} and superabsorbent substance at the rate of 200g.ha^{-1}.

Results and Discussion: The results showed that in mixed cultivation, the highest total dry fodder yield was 3799 kg.ha^{-1} from the combination of 50% vetch + 50% barley, the highest ratio of total land equality (2.913), the highest total relative yield (1.457) and the highest relative coefficient of total density (7.577) from the combination of 50% vetch + 50% barley × Azotobarvar-1 material + superabsorbent was observed in the second year. On the other hand, in the first year, the highest ratio of total competition (4.297) was founded in combination of 25% vetch + 75% barley × Azotobarvar-1 + superabsorbent treatment and the greatest actual decrease total yield (4.990) was recorded in 75% vetch + 25% barley × The superabsorbent treatment.

Conclusion: In this experiment, the increase in fodder production was affected by the contribution of the leguminous component (vetch) and management factors (biofertilizer Azotobarvar-1 and superabsorbent material) in mixed cultivation, so that the combination of the mixed cropping system with the two mentioned factors can able to improve the forage yield. Quantitative and competitive indicators were stabilized in line with agricultural goals. On the other hand, Azotobarvar -1 biofertilizer with the lowest amount and volume (100 gr.ha^{-1}) and the lowest cost for farmers is

economical and can be a suitable alternative to nitrogen chemical fertilizer and the application of superabsorbent material can be applied in drylands to storage of rainwater be useful.

Keywords: Land Eqivalent Ratio, Production stability, Relative Crowding Coefficient, Replacement, Symbiosis