نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۴۱-۳۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 31-41

مطالعه توان رقابتی گیاهان آمارانت (*Amaranthus* spp.) و ماش (*Vigna radiata* L.) در کشت مخلوط و روش‌های مدیریتی بقایای گیاهی

اکبر بهاری[۱]، امیر آینه بند[۲*] و اسفندیار فاتح[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

به‌منظور مطالعه کمّی توان رقابتی گیاهان آمارانت (*Amaranthus* spp.) و ماش (*Vigna radiata* L.) در کشت مخلوط علوفه‌ای تحت تأثیر روش مدیریت بقایای گیاهی گندم، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در دو مرحله (کشت گندم در پاییز و سپس کشت مخلوط آمارانت و ماش در تابستان) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. این پژوهش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده (عامل اصلی مدیریت بقایای گندم به سه روش حذف کامل، مخلوط کردن و آتش زدن و عامل فرعی نسبت‌های تراکمی گیاهان آمارانت و ماش به صورت صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش از هشت شاخص تعیین وضعیت رقابت‌کنندگی گیاهان استفاده شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط (۱۳۴۷/۶ گرم بر مترمربع) و مقدار شاخص نسبت برابری زمین (۱/۲۷) در تیمار مخلوط کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰ درصد هر یک از گیاهان به‌دست آمد. با آتش زدن بقایای گیاهی ضریب شلوغی افزایش، میزان تولید نسبی زمین و شدت نسبی رقابت کاهش یافته و همچنین بیش‌ترین تلفات واقعی عملکرد (۲/۶۳) نیز به‌دست آمد. با افزایش نسبت تراکمی، درجه تهاجمی آمارانت بسیار بیش‌تر از ماش افزایش یافت. به علاوه، در تیمارهایی که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط حاصل شد، آمارانت گیاه غالب و ماش گیاه مغلوب بود. در مجموع، نیز گیاه آمارانت بیش‌تر از ماش تحت تأثیر روش مدیریت بقایا و نسبت‌های تراکمی قرار گرفته و توان رقابت‌کنندگی آن نیز بیش‌تری در مقایسه با ماش دشت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد علوفه، نسبت برابری زمین، ضریب نسبی شلوغی، درجه تهاجمی

مقدمه

الگوی کشت مخلوط از جمله روش‌های تولید محصولات زراعی مبتنی بر دیدگاه‌های کشاورزی پایدار است که از گذشته تا به‌حال با شدت و ضعف در بسیاری از کشورهای جهان اجرا می‌گردد. کشت مخلوط غلات با بقولات از جمله سیستم‌های زراعی و قدیمی رایج می‌باشد که می‌تواند دو ویژگی بهبود در بهره‌وری تولید و پایداری آن در طی زمان را به‌واسطه بهبود در برخی خصوصیات اکوسیستم زراعی هم‌چون حفاظت خاک، کنترل بهتر علف‌های هرز، ثبات در عملکرد و افزایش کیفیت علوفه همراه با کمیت آن را بهبود دهد (Ghosh, 2004). در این راستا عواملی هم‌چون نوع گیاه زراعی، نوع رقم، نسبت تراکمی گیاهان، نحوه مدیریت بقایای گیاهی و واکنش رقابتی هر یک از گیاهان در مخلوط در رشد مناسب هر دو یا یکی از گونه‌های گیاهان زراعی مؤثر می‌باشند (Hauggaard- Nielsen et al., 2009). اظهار شده است که در الگوی کشت مخلوط، غلات به دلیل رشد ریشه سریع‌تر و عمیق‌تر و همچنین نیازمندی زیادتر به نیتروژن از درجه رقابت‌کنندگی بیشتری برای نیتروژن معدنی خاک در مقایسه با بقولات برخوردار می‌باشند (Lithourgidis et al., 2011). در این شرایط یک راه‌کار برای انتخاب گیاه بقولات با توان رقابت‌کنندگی مناسب با غلات در مخلوط، افزایش نسبت تراکمی آن‌ها بیشتر از غلات می‌باشد. در این رابطه گزارش شده است که در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) با افزایش نسبت تراکمی ماش، عملکرد کل علوفه و کیفیت آن بهبود یافت

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: aynehband@scu.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

(Aynehband& Behroz, 2010). شایان ذکر است که بقولات در شرایط کشت مخلوط با غلات ضمن کاهش ریسک تولید، میزان استفاده از برخی نهاده‌های بیولوژیکی را در مقایسه با نهاده‌های شیمیایی (مانند نیتروژن بیولوژیکی و کاهش مصرف سموم شیمیایی) بهبود می‌بخشند (Mucheru-Muna et al., 2010). بنابراین، از آن‌جا که یکی از اهداف مهم اجرای چنین سیستم‌هایی، بیشینه کردن استفاده از منابع تولید می‌باشد، توجه به ترکیب گیاهان زراعی در مخلوط هم‌چون خصوصیات مورفولوژیکی، نحوه توسعه اندام های هوایی و زمینی در واحد زمان و مکان، میزان و کارایی استفاده از نهاده‌ها و عوامل تولید همگی در تعیین شدت و ضعف رقابت و در نتیجه غالب و یا مغلوب بودن هر یک از گیاهان در مخلوط مؤثر خواهند بود (Andersen, et al., 2007).

در حقیقت، فرایند رقابت بین گیاهان در مخلوط از جمله مهم‌ترین عواملی است که بر عملکرد نهایی و همچنین در مقایسه بین توان تولیدی سیستم‌های زراعی مؤثر خواهند بود. در حقیقت بهبود عملکرد زمانی روی می‌دهد که اجزای مخلوط برای برخی منابع تولید، رقابتی از نوع مثبت داشته باشند (Hauggaard- Nielsen & Jensen, 2001). لذا با آگاهی از وضعیت توان رقابتی هر یک از گیاهان در شرایط مخلوط و ارتباط آن با تغییرات عملکرد، کشت مخلوطی مناسب خواهد بود که در آن علی‌رغم وجود شرایط رقابتی، واکنش غالب یا مغلوب بودن گیاهان به گونه‌ای باشد که عملکرد نهایی مخلوط از عملکرد تک‌کشتی هر یک بیش‌تر باشد (Anil et al., 1998). در این ارتباط و برای بررسی رقابت و با هدف ارزیابی کمّی (و نه کیفی) رقابت در شرایط مخلوط، شاخص‌های مختلفی طراحی شده‌اند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها نسبت برابری زمین (LER)، ضریب شلوغی نسبی(K)، نسبت رقابت‌کنندگی (CR)، درجه تهاجمی بودن(A)، کاهش واقعی عملکرد (AYL)، مالی مخلوط(IA) و تولید نسبی زمین(RLO) می‌باشند (Weigelt & Jolliffe, 1998;Banik et al., 2000;Ghosh, 2004). این شاخص‌های محاسباتی در حقیقت به محقق در خلاصه‌سازی، تفسیر و نشان دادن نتایج ناشی از شرایط رقابتی گیاهان در مخلوط مانند شدت رقابت، اثرات رقابت و نتیجه نهایی رقابت کمک می‌نمایند (Dhima et al., 2007).

با توجه به این‌که گیاه آمارانت (*Amaranthus* spp.)، گیاه علوفه‌ای جدیدی در نواحی گرمسیری جنوب غربی کشور محسوب می‌شود، تحقیقات اندکی در خصوص الگوی کشت مخلوط این گیاه با گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن مانند ماش (*Vigna radiata* L.) از دیدگاه توان تولید علوفه و هم‌چنین وضعیت رقابت‌کنندگی هر یک از گیاهان در مخلوط انجام گرفته است.

لذا هدف این پژوهش، بررسی کمّی توان رقابت‌کنندگی گیاهان آمارانت و ماش در الگوی کشت مخلوط به کمک شاخص‌های رقابت و اثر بقایای گیاهی بستر کشت بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی خصوصیات رقابتی گیاهان آمارانت و ماش در الگوی کشت مخلوط علوفه‌ای، تحت تأثیر تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های مختلف تراکمی گیاهان آمارانت و ماش، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. این مزرعه در جنوب‌غربی اهواز و در حاشیه غربی رود کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا واقع شده است. نتایج آزمون خاک قبل از اجرای طرح نشان داد که بافت خاک از نوع لومی شنی، هدایت الکتریکی خاک ۳/۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر و اسیدیته خاک برابر ۷/۸ بود. مواد آلی خاک ۰/۵۲ درصد، نیتروژن کل خاک ۰/۰۳۹ درصد، میزان پتاسیم قابل تبادل ۱۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میزان فسفر ۱۳ میلی-گرم بر کیلوگرم خاک بود. این آزمایش در دو مرحله انجام شد. مرحله اول شامل کشت پاییزه گیاه گندم رقم چمران (*Triticum aestivum* L.) در ۳۰ آبان ماه با تراکم بذر به میزان ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار بود. کود مصرفی در گندم به میزان۵۰- ۷۵- ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار (N- P- K) بوده و در اواسط اردیبهشت ماه سال۱۳۹۰ نیز برداشت گندم انجام گرفت. مرحله دوم شامل اعمال تیمارهای مدیریت بقایا و سپس اجرای کشت مخلوط آمارانت–ماش به صورت تیمار فرعی (نسبت‌های تراکمی) در اوایل تابستان بود. این آزمایش به صورت آزمایش کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. روش‌های مدیریت بقایای گیاهی به عنوان تیمار اصلی و شامل سه روش حذف کامل بقایا، مخلوط کردن ۳۰ درصد بقایا و آتش زدن بقایای گندم بود. به لحاظ کمی ۳۰ درصد بقایای گندم معادل کاربرد ۱۶۰ گرم بقایای گندم در هر مترمربع بود. تیمار فرعی شامل نسبت‌های مختلف تراکمی گیاهان آمارانت و ماش بر حسب درصد بود. به‌صورتی‌که تراکم بهینه هر گیاه معادل ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. سپس در پنج سطح نسبت تراکمی به صورت صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد بودند. اجرای الگوی مخلوط به روش جایگزینی و به‌صورت الگوی کشت مخلوط ردیفی (یک در میان) صورت گرفت و هر بوته آمارانت معادل دو بوته ماش (نسبت گیاهی ۲ به ۱) در نظر گرفته شد. مبنای عملیات زراعی بر اساس خصوصیات گیاه آمارانت تعیین شدند. بر این اساس فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی-متر و فاصله روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر بود. تراکم بوته‌های آمارانت ۱۲ بوته در مترمربع، زمان کاشت ۱۴ تیر ماه و زمان برداشت هشتم مهر ماه بود. به لحاظ فنولوژیکی بوته‌های آمارانت در زمان برداشت در مرحله ۲۰ تا ۴۰ درصد گلدهی و بوته‌های ماش در اوایل غلاف‌دهی بودند. رقم آمارانت مرکادو و رقم ماش گوهر بود. مقدار کود مصرفی بر مبنای ۳۰-۳۰-۵۰ و به صورت کود اوره، سوپر فسفات تریپل و

Archive of SID

www.SID.ir

سولفات پتاسیم بود. کلیه عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت، آبیاری و مدیریت علف‌های هرز مطابق عرف منطقه صورت گرفت. در این آزمایش از هیچ نوع سموم شیمیایی علف‌کش و آفت‌کش استفاده نگردید. هر پلات شامل ششردیف به ابعاد ۴×۳ متر معادل ۱۲ متر مربع بود.در زمان برداشت کمیت علوفه از سطحی معادل دو مترمربع از هر پلات برداشت شد و پس از خشک کردن در آون، وزن خشک علوفه تعیین گردید. برای محاسبه سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی و هم‌چنین بررسی اثرات رقابتی بین گیاهان آمارانت و ماش در شرایط مخلوط از شاخص‌های مختلف رقابت به شرح زیر استفاده شد (Weigelt & Jolliffe, 1998; Banik, et al., 2000; Ghosh, 2004; Dhimaet al., 2007).

۱- نسبت برابری زمین[1] (LER):

$$LER = LER_a + LER_b$$
$$LER_a = Y_{ab} / Y_a$$
$$LER_b = Y_{ba} / Y_b$$

در این معادله، Y: عملکرد علوفه هر یک از گیاهان، a: گیاه آمارانت و b: گیاه ماش که عملکردها میانگین عملکردهای سه تکرار بود.

۲- شدت نسبی رقابت[2] (RCI):

$$RCI_a = ((Y_a - Y_{ab}) / Y_a) \times 100$$
$$RCI_b = ((Y_b - Y_{ba}) / Y_b) \times 100$$

۳- نسبت رقابت کنندگی[3] (CR):

$$CR_a = (LER_a / LER_b) \times (Z_{ba} / Z_{ab})$$
$$CR_b = (LER_b / LER_a) \times (Z_{ab} / Z_{ba})$$

٤- ضریب شلوغینسبی[4](K):

$$K = (K_a \times K_b)$$
$$K_a = (Y_{ab} \times Z_{ba}) /((Y_a - Y_{ab}) \times Z_{ab})$$
$$K_b = (Y_{ba} \times Z_{ab}) / ((Y_b - Y_{ba}) \times Z_{ba})$$

در این معادله، Z: نسبت تراکمی گیاهان در مخلوط می‌باشد.

۵- درجه تهاجمی[5] (A):

$$A_a = (Y_{ab} / Y_a \times Z_{ab}) - (Y_{ba} / Y_b \times Z_{ba})$$
$$A_b = (Y_{ba} / Y_b \times Z_{ba}) - (Y_{ab} / Y_a \times Z_{ab})$$

٦- تولید نسبی زمین[6](RLO):

$$RLO = (Y_{ab} + Y_{ba}) / (Y_a + Y_b)$$

۷- کاهش واقعی عملکرد[7](AYL):

$$AYL = AYL_a + AYL_b$$
$$AYL_a = ((Y_{ab} / X_{ab}) / (Y_a / X_a) - 1$$
$$AYL_b = ((Y_{ba} / X_{ba}) / (Y_b / X_b) - 1$$

در این فرمول Xنسبت تراکمی هر یک از گیاهان در مخلوط است.

۸- سودمندی مالی مخلوط[8] (IA):

$$IA_a = AYL_a \times P_a$$
$$IA_b = AYL_b \times P_b$$

در این معادله، P: ارزش اقتصادی (قیمت محصول هر یک از گیاهان) می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS (Version 9.1) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه

نتایج برهم‌کنش مدیریت بقایا و نسبت‌های تراکمی بر عملکرد علوفه گیاهان آمارانت و ماش نشان داد که در شرایط تک‌کشتی آمارانت، حذف بقایا بیش‌ترین (۱۲۶۷/۲۳ گرم در مترمربع) و آتش زدن بقایا کم‌ترین (۹۱۶/۶۲ گرم در مترمربع) عملکرد علوفه را تولید کرده است؛ درحالی‌که در خصوص ماش شرایط برعکس می‌باشد (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شرایط رقابت در الگوهای مخلوط، عملکرد گیاهان آمارانت و ماش نسبت به شرایط تک‌کشتی (عدم رقابت) کاهش یافته است. البته میزان این کاهش با تغییر نسبت تراکمی هر یک از گیاهان متفاوت می‌باشد. همچنین بیش‌ترین عملکرد مخلوط این دو گیاه در شرایط مخلوط کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰ +۵۰ درصد به‌دست آمده (۱۳۴۷/۶ گرم در مترمربع) که البته تفاوت معنی‌داری با علوفه تولید شده در همین نسبت تراکمی ولی در شرایط حذف بقایا ندارد (۱۳۰۴/۸۸ گرم در مترمربع). از سوی دیگر، به‌طور میانگین بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط به ترتیب در تیمارهای مخلوط کردن، آتش زدن و حذف کامل بقایا به‌دست آمده است. همچنین در کلیه تیمارهای مخلوط، عملکرد علوفه آمارانت بیش‌تر از ماش بود (که بخش عمده‌ای از آن ناشی از بیش‌تر بودن وزن خشک ساقه‌های آمارانت بود)، لذا گیاه غالب به لحاظ تولید علوفه در شرایط مخلوط محسوب می‌گردد. کاهش در وزن خشک بقولات زمانی که غلات رقابت‌کننده قوی‌تری ازآن‌ها بودند و یا زمانی که نسبت تراکمی بقولات زیاد بود، گزارش شده است (Herbet et al., 1984). در برخی منابع نیز گزارش شده که عملکرد مخلوط بقولات و غلات حد واسط و یا حتی کمتر از عملکرد تک‌کشتی آن‌ها بود که علت آن رقابت شدید بین دوگونه گیاهی در مخلوط بیان شده است (Lithourgidis et al., 2011). البته اظهار شده در شرایطی که عملکرد تک‌کشتی غلات بیش‌تر از

1- Land equivalent ratio (LER)
2- Relative competition intensity(RCI)
3- Competitive ratio (CR)
4- Relative crowding coefficient (K)
5- Aggressively (A)
6- Relative land output (RLO)
7- Actual yield loss (AYL)
8- Intercropping advantage(IA)

Archive of SID

www.SID.ir

کشت مخلوط آن‌ها با بقولات باشد، اجرای مخلوط در کوتاه مدت ممکن است سودمندی اقتصادی بیش‌تری نسبت به تک‌کشتی نداشته باشد. اما در بلند مدت، اجرای مخلوط هم به لحاظ اقتصادی و هم به لحاظ عوامل زراعی بر تک‌کشتی غلات برتری خواهد داشت (Hauggaard-Nielsen et al., 2009).

شدت نسبی رقابت (RCI)

نتایج به‌دست آمده در این آزمایش نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار این شاخص برای آمارانت به ترتیب در روش‌های حذف بقایا، مخلوط کردن و آتش زدن بقایا به‌دست آمد (جدول ۱). این تأثیر برای ماش برعکس بود. به گونه که بیش‌ترین میزان این شاخص بین نسبت‌های مختلف تراکمی به ترتیب در روش‌های آتش زدن، مخلوط کردن و حذف بقایا بدست آمده است. به عبارت دیگر، با بررسی سه روش مدیریت بقایا مشخص می‌شود که به‌طور میانگین (میانگین سه نسبت تراکمی کشت مخلوط) مقدار این شاخص برای آمارانت در روش حذف بقایا بیشتر از دو روش دیگرست؛ در حالی‌که برای ماش، همین شرایط پس از آتش زدن بقایا به‌دست آمده است. در مجموع نیز میانگین این شاخص در کلیه روش‌های مدیریت بقایا برای ماش بیشتر از آمارانت است (بجز روش حذف بقایا با نسبت تراکمی ۲۵ درصد ماش و ۷۵ درصد آمارانت). به علاوه نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که گیاه آمارانت در نسبت تراکمی ۵۰ درصد برای هر سه روش مدیریت بقایا، کم‌ترین مقدار این شاخص را داراست. در حالی‌که در گیاه ماش این وضعیت وجود ندارد. به‌طوری که مقدار این شاخص در دو روش حذف بقایا و مخلوط کردن بقایا در نسبت تراکمی ۵۰ درصد بیشتر از دو حالت تراکمی دیگر است. در مجموع بهترین میزان تولید آمارانت در شرایط مخلوط نسبت به تک‌کشتی در نسبت تراکمی ۷۵ درصد آمارانت و در روش حذف بقایا (۴۴/۸۱) که تقریباً نصف میزان حداکثر این شاخص برای ماش در نسبت تراکمی ۷۵ درصد و در شرایط آتش زدن بقایای گندم است (۸۱/۱۳). این شاخص در حقیقت محاسبه مستقیم نسبت تولید در تک‌کشتی و مخلوط یا به عبارتی، درصد تولید در تک‌کشتی در برابر مخلوط است. گزارش شده‌است که با تغییر در نسبت تراکمی گیاهان در مخلوط توان رقابتی آن‌ها نیز تغییر یافت که این مسئله بر میزان تولید محصول هر یک از گیاهان نیز تأثیر گذار بود (Banik et al., 2000). در حقیقت سودمندی عملکرد زمانی روی می‌دهد که اجزای کشت مخلوط رقابت جزئی آن‌هم برای برخی منابع محیطی با یکدیگر داشته باشند. این حالت در شرایطی است که رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای بوده و این تغییر در نوع رقابت با تغییر در نسبت‌های تراکمی به‌دست می‌آید (Andersen et al., 2007). بنابراین، گونه‌های گیاهی مناسب برای کشت مخلوط بایستی اثرات مکملی را در مخلوط تقویت نمایند. در این حالت اگرچه عملکرد گیاهان در مخلوط نسبت به تک‌کشتی تغییر می‌یابد اما با انتخاب نسبت تراکمی مناسب، میزان افت عملکرد کاهش خواهد یافت (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001). به علاوه اشاره شد، زمانی‌که گیاهان غیر بقولات همراه با بقولات بدون توجه به نوع ترکیب آن‌ها در کشت مخلوط قرار گرفتند، سودمندی گیاهان غیربقولات در رابطه با وضعییت عملکرد آن‌ها نسبت به شرایط تک‌کشتی اساساً تحت تأثیر میزان تأثیر اثرات مکملی بقولات به‌ویژه در رابطه با نیتروژن بود (Yilmaz et al., 2008).

نسبت برابری زمین (LER)

نتایج این آزمایش نشان داد که در کلیه تیمارهای آزمایش (مدیریت بقایا و نسبت‌های تراکمی) مقدار این شاخص بیش‌تر از یک بود که این امر نشان‌دهنده سودمندی اجرای این الگوی کشت مخلوط است (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار این شاخص (۱/۲۷) در نسبت تراکمی ۵۰ درصد آمارانت و ۵۰ درصد ماش و در روش مخلوط کردن بقایا که علت اصلی آن بالا بودن مقدار LER جزیی آمارانت (۰/۹۱) می‌باشد.

نکته دیگر، تیماری که بیش‌ترین عملکرد علوفه را داشته (۱۳۴۷/۶ گرم در مترمربع، جدول ۱)، به طور مشابه نیز بالاترین کمیت نسبت برابری زمین را دارا می‌باشد. هر چند مقدار این شاخص برای مثال، در نسبت تراکمی ۲۵ درصد ماش و ۷۵ درصد آمارانت و در شرایط مخلوط کردن بقایا (۱/۲۶) تفاوت معنی‌داری با تیمار فوق ندارد ولی به لحاظ عملکرد علوفه از کمیت پایین‌تری برخوردار می‌باشد (۱۲۸۸/۷۴ گرم بر مترمربع، جدول ۱). از این معیار برای بیان میزان تولید هر یک از گیاهان در مخلوط در واحد سطح در مقایسه با شرایط تک‌کشتی آن‌ها استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، این شاخص کارایی کشت مخلوط را در استفاده از منابع محیطی در مقایسه با تک‌کشتی نشان می‌دهد. زمانی که مقدار آن بیش‌تر از یک باشد، کشت گیاهان در الگوی مخلوط بهتر از تک‌کشتی است. در مقابل کمتر از یک بودن این شاخص حاکی از عدم سودمندی اجرای مخلوط در مقایسه با تککشتی گونه‌های گیاهی است (Dhima et al., 2007). گزارش شده است که اجرای کشت مخلوط غلات و بقولات در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن و کاربرد آن به ترتیب حدود ۲۰ درصد و ۱۰–۵ درصد کارایی استفاده از نیتروژن خاک را بهبود داد (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001). این بهبود همچنین در شرایطی که LER جزیی و کل بقولات با کاربرد نیتروژن کاهش یافت نیز مشاهده شد، زیرا کاربرد کود نیتروژن توان رقابتی و خصوصیات رشد و نموی گیاهان در مخلوط را تغییر داد (Andersen, et al., 2007). به هرحال بهبود شاخص LER در شرایط مخلوط غلات و بقولات نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها در منابع دیگر نیز گزارش شده است (Aynehband & Behroz, 2010).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- عملکرد علوفه و شدت نسبی رقابت برای هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table 1- Forage yield and relative competition intensity (RCI) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی (٪) Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	عملکرد علوفه (گرم بر متر مربع) Forage yield ($g.m^{-2}$)			شدت نسبی رقابت (RCI) Relative competition intensity	
		آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	آمارانت Amaranth	ماش Mungbean
حذف بقایا Removal residue	100:0	1267.23	---	1267.23b	100	---
	75:25	699.36	319.92	1019.28c	44.81	34.72
	50:50	1163.1	141.78	1304.88a	8.21	71.07
	25:75	1075.26	206.97	1282.23b	15.14	57.77
	0:100	---	490.14	490.14e	---	100
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	1152	---	1152c	100	---
	75:25	837.18	451.56	1288.74b	27.32	45.5
	50:50	1048.56	299.04	1347.6a	8.97	63.91
	25:75	878.94	335.16	1214.1bc	23.7	59.55
	0:100	---	828.6	828.6c	---	100
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	916.62	---	916.62d	100	---
	75:25	636.39	342.96	961.32d	30.57	65.04
	50:50	851.7	377.02	1188.72c	7.08	61.57
	25:75	902.24	185.1	1187.34c	-9.34	81.13
	0:100	---	981.06	981.06d	---	100
حذف بقایا Removal residue		979.24a*	289.70b	1202.13b	22.72a	54.52b
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue		921.56b	361.92a	1283.48a	19.99a	56.32b
آتش زدن بقایا Burning residue		830.11c	301.69b	1112.46c	9.43b	69.24a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

برای مثال، گزارش شده است که افزایش نسبت برابری زمین در کشت‌های مخلوط غلات با بقولات بیش‌تر به خاطر افزایش نسبت برابری جزیی در ذرت (غلات) بوده و عملکرد دانه و ماده خشک لوبیا (حبوبات) رابطه مستقیم و معنی‌داری با تراکم لوبیا و نیز رابطه منفی و معنی‌داری با تراکم ذرت (غلات) داشت. بنابراین، عملکرد لوبیا از یک سو با افزایش تراکم لوبیا افزایش و از سوی دیگر با افزایش تراکم ذرت کاهش یافت که این امر احتمالاً به دلیل سایه‌اندازی ذرت بوده است، زیرا ارتفاع بیش‌تر ذرت در مخلوط به واسطه سایه‌اندازی بر لوبیا تأثیر منفی داشت. این مسئله علاوه بر کاهش عملکرد لوبیا باعث ایجاد محدودیت در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و تولید مواد فتوسنتزی نیز شد (Koocheki et al., 2009).

نسبت رقابت‌کنندگی (CR): نتایج این شاخص نشان می‌دهد که در شرایط حذف و آتش زدن بقایای گیاهی، هر چه نسبت تراکمی آمارانت کاهش یافته (از ۷۵ درصد به ۲۵ درصد) توان رقابت‌کنندگی آن‌ها افزایش یافته است، ولی این روند در روش مخلوط کردن بقایا دیده نمی‌شود (جدول ۲). از جمله دلایل این تفاوت می‌توان به این نکته اشاره داشت که در شرایط حذف و آتش زدن بقایای گیاهی، بوته آمارانت از سرعت رشد نسبی اولیه بهتری در اوایل سبز شدن نسبت به شرایط مخلوط کردن بقایای گیاهی برخوردار بودند. به هر حال بیش‌ترین توان رقابت‌کنندگی آمارانت در شرایط آتش زدن بقایا و در نسبت تراکمی ۲۵ درصد (۱۲/۰۹) و کم‌ترین مقدار آن نیز در شرایط حذف بقایا و در نسبت تراکمی ۷۵ درصد (۰/۲۸) دیده می‌شود. این شاخص در گیاه ماش نیز در دو حالت حذف و آتش زدن بقایا روند کاهشی داشته که در واقع بر خلاف وضعیت رقابت‌کنندگی در آمارانت است. نکته قابل توجه این است در تیمارهایی که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط حاصل شده به لحاظ شاخص رقابت‌کنندگی،آمارانت گیاه غالب و ماش گیاه مغلوب است (۲/۵ در مقایسه با ۰/۴). این شاخص برای ارزیابی رقابت بین دو گونه مختلف بوده و در حقیقت معیار مطلوبی از توان رقابت‌کنندگی گیاهان زراعی است که به سادگی از حاصل ضرب تقسیم LER جزیی هر یک از گیاهان در مخلوط در نسبت تراکمی آن‌ها بدست می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نسبت برابری زمین و نسبت رقابت‌کنندگی برای هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table 2- Land equivalent ratio (LER) and competitive ratio (CR) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی (٪) Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	نسبت برابری زمین (LER) Land equivalent ratio (LER) آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	نسبت رقابت‌کنندگی (CR) Competitive ratio (CR) آمارانت Amaranth	ماش Mungbean
حذف بقایا Removal residue	100:0	1	---	1 c	---	---
	75:25	0.55	0.65	1.20 ab	0.28	3.57
	50:50	0.91	0.28	1.19 ab	3.25	0.3
	25:75	0.84	0.42	1.26 a	6	0.16
	0:100	---	1	1 c	---	---
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	1	---	1c	---	---
	75:25	0.72	0.54	1.26 a	0.44	2.27
	50:50	0.91	0.36	1.27 a	2.5	0.4
	25:75	0.76	0.4	1.16c	0.9	1.11
	0:100	---	1	1 c	---	---
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	1	---	1c	---	---
	75:25	0.69	0.34	1.03 c	2.01	0.49
	50:50	0.92	0.34	1.26 a	2.7	0.37
	25:75	0.98	0.18	1.16 b	12.09	0.08
	0:100	---	1	1c	---	---
میانگین حذف بقایا Mean of Removal residue		0.76b*	0.45a	1.21a	3.17b	1.34a
میانگین مخلوط کردن بقایا Mean of Incorporated residue		0.79b	0.43a	1.23a	1.28c	1.26a
میانگین آتش زدن بقایا Mean of Burning residue		0/88a	0.28b	1.15b	5.6a	0.31b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

گزارش شده است که در کشت مخلوط غلات و بقولات معمولاً بقولات بیشتر از غلات تحت تأثیر شرایط رقابتی قرار می‌گیرند. این تأثیر پذیری بویژه برای بقولاتی با ارتفاع کمتر نسبت به غلات بیشتر خواهد بود. به علاوه زمانی که بقولات اثرات منفی زیادی بر عملکرد غلات درمخلوط داشتند این اثرات منفی با افزایش نسبت تراکمی بقولات تشدید یافت. در مقابل دو برابر شدن تراکم غلات باعث افزایش توان رقابتی آن‌ها در مخلوط با بقولات شد، اما میزان کاهش در عملکرد ناشی از رقابت درون‌گونه در مقایسه با کاهش به علت تراکم کم، زیاد نبود. به هر حال، بخشی از کاهش عملکرد غلات در این شرایط به علت تولید دانه‌های تأثیر شرایط رقابتی قرار می‌گیرند. این تأثیر پذیری بویژه برای بقولاتی با ارتفاع کمتر نسبت به غلات بیشتر خواهد بود. به علاوه زمانی که بقولات اثرات منفی زیادی بر عملکرد غلات درمخلوط داشتند این اثرات منفی با افزایش نسبت تراکمی بقولات تشدید یافت. در مقابل دو برابر شدن تراکم غلات باعث افزایش توان رقابتی آن‌ها در مخلوط با بقولات شد، اما میزان کاهش در عملکرد ناشی از رقابت درون گونه در مقایسه با کاهش به علت تراکم کم، زیاد نبود. به هر حال، بخشی از کاهش عملکرد غلات در این شرایط به علت تولید دانه‌های کوچکتر در مقایسه با شرایط با رقابت کمتر بود، زیرا در این شرایط مخلوط گیاهان بقولات فشار رقابتی زیادی در نیمه دوم سیکل زندگی، یعنی زمانی که دانه‌ها در حال تشکیل هستند بر غلات وارد خواهند کرد (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001). در شرایط دیم نیز گزارش شده است زمانی که ارتفاع بقولات کمتر از غلات بود، توان رقابتی گیاهان غلات بیش‌تر از بقولات بوده لذا حضور بقولات تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن هزار دانه غلات نداشت (Oseni, 2010).

ضریب شلوغی نسبی (K): در این آزمایش بیش‌ترین مقدار ضریب شلوغی نسبی (۸/۱۲) در شرایط آتش زدن بقایای گیاهی و نسبت تراکمی ۵۰+۵۰ درصد حاصل شده است (جدول ۳). در همین شرایط ضریب K در آمارانت و ماش به ترتیب بیش‌تر و کم‌تر از یک است. بررسی جزیی‌تر این شاخص نشان می‌دهد که به طور میانگین آتش زدن بقایای گیاهی در مقایسه با دو روش دیگر باعث کاهش این شاخص در آمارانت شده است. از آن جا که در شرایط مخلوط

Archive of SID

www.SID.ir

کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰+۵۰ درصد بیش‌ترین عملکرد علوفه بدست آمده، مشخص می‌شود در این شرایط ضریب نسبی شلوغی (K) برای آمارانت بسیار بیشتر از ماش می‌باشد. نکته جالب اینکه در هر سه روش مدیریت بقایا مقدار این شاخص در نسبت ۵۰+۵۰ درصد در آمارانت بیش‌تر از ماش است، ولی در نسبت ۷۵ درصد آمارانت + ۲۵ درصد ماش این شاخص در ماش بیش‌تر از آمارانت شده است که نشان می‌دهد با تغییر نسبت تراکمی بوته‌ها، الگوی سایه‌انداز مخلوط نیز تغییر کرده که نتیجه آن تأثیر بر آرایش هندسی سایه انداز مخلوط خواهد بود. این شاخص معیاری از غالبیت نسبی یک گونه بر گونه دیگر در مخلوط می‌باشد. در گونه‌های که مقدار K بیش‌تر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که این گونه گیاهی بسیار رقابت کننده است. مساوی بودن این شاخص با یک نیز حاکی از عدم رقابت‌کنندگی یک گونه گیاهی است. چنانچه مقدار این شاخص کمتر از یک باشد به این مفهوم است که آن گونه گیاهی در مخلوط با کارایی پایینی از منابع محیطی استفاده کرده که نتیجه‌اش کاهش عملکرد آن گیاه خواهد بود (Banik et al., 2000). گزارش شده با افزایش نسبت تراکمی غلات بویژه در شرایطی که گیاهان غلات در مقایسه با بقولات ارتفاع و جثه بزرگتری داشته باشند، شلوغی بیش از حد کانوپی در رابطه با رقابت به نفع غلات خواهد بود (Yilmaz et al., 2008). در پژوهشی دیگر بیان شده که ضریب شلوغی نسبی کانوپی (K) برای سورگوم بیش‌تر از لوبیا چشم بلبلی بود که این وضعییت نشان‌دهنده غالبیت سورگوم در مخلوط با لوبیا چشم بلبلی می‌باشد (Oseni, 2010). برتری ضریب شلوغی نسبی غلات در مخلوط با بقولات برای کشت مخلوط گندم و دال عدس نیز گزارش شده است (Banik, et al., 2006). بطور مشابه نیز مقدار ضریب k غلات در مقایسه با بقولات در شرایطی که ماشک علوفه با تریتیکاله، جو و یولاف کشت شده بود، نیز گزارش شد. البته در برخی نسبت‌های تراکمی مقدار این ضریب بین الگوهای مخلوط تفاوت معنی‌داری نداشته که نشان‌دهنده این است که اجرای این نسبت‌های تراکمی به لحاظ عملکرد نهایی سودمند یا زیان‌آور نخواهد بود (Dhima et al., 2007).

درجه تهاجمی (A): نتایج این آزمایش در خصوص شاخص درجه تهاجمی نشان می‌دهد که با تغییر در نسیت تراکمی بوته‌ها و همچنین روش مدیریت بقایا کمیت این شاخص نیز تغییر یافته است (جدول ۳). برای مثال، در شرایط آتش زدن بقایا، در کلیه نسبت‌های تراکمی مقدار این شاخص برای آمارانت مثبت و برای ماش منفی است؛ در حالی‌که در دو روش دیگر مدیریت بقایا با تغییر در نسبت تراکمی، غالب یا مغلوب بودن گیاهان نیز تغییر یافته است. برای نمونه، در شرایط مخلوط کردن بقایا و با کاهش نسبت تراکمی آمارانت از ۷۵ به ۲۵ درصد، وضعیت این گیاه از گونه غالب (A=۰/۴) به گونه مغلوب (A=۰/۱۱) تغییر یافته است. به هر حال، بیش‌ترین شرایط غالبیت برای گیاهان آمارانت و ماش به ترتیب در شرایط آتش زدن بقایا و در نسبت تراکمی ۷۵ درصد تراکمی (۰/۴۴) و مخلوط کردن بقایا در نسبت تراکمی ۷۵ درصد تراکمی (۰/۱۱) بدست آمده است. همچنین در اکثر تیمارهای این آزمایش، گیاه آمارانت از درجه تهاجمی بیشتری در مقایسه با ماش برخوردار می‌باشد. این شاخص اغلب بیانگر این است که افزایش عملکرد نسبی یک گیاه در شرایط مخلوط به چه میزان بیش‌تر از گیاه دیگر می‌باشد. چنانچه مقدار این شاخص مساوی صفر باشد نشان می‌دهد که هر دو گیاه توان رقابتی یکسانی دارند. مثبت یا منفی بودن این شاخص به ترتیب بیانگر غالب یا مغلوب بودن گونه گیاهی مورد نظر در مخلوط خواهد بود. در این ارتباط اظهار شده است که در مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی صرف‌نظر از الگوی کشت با توجه به کمیت شاخص درجه تهاجمی، سورگوم گیاه غالب و لوبیا چشم بلبلی گیاه مغلوب بود. بخش زیادی از این غالبیت به علت ارتفاع زیادتر و سرعت رشد اولیه بیش‌تر سورگوم بود، اما در کشت مخلوط برنج (*Oryza sativa* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، حبوبات در تراکم‌های بالا از درجه تهاجمی بیشتری نسبت به غلات (برنج) برخوردار بودند که بخشی از آن به خاطر مشابه بودن ارتفاع دو گیاه بوجود آمد (Oroka et al., 2007). نتایج مشابهی در خصوص برتری غلات (ذرت، سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) و ارزن مرواریدی (*Pennisitum americanum* L.)) به لحاظ شاخص درجه تهاجمی در کشت مخلوط غلات و بادام زمینی گزارش شده است (Ghosh, 2004). همچنین در کشت مخلوط خردل با بقولات گزارش شده که گیاه خردل در کلیه نسبت‌های تراکمی مخلوط به واسطه ارتفاع بیش‌تر و نحوه گسترش اندام‌های هوایی در سایه‌انداز گیاهی از درجه تهاجمی بیش‌تری نسبت به دال عدس برخوردار بوده، لذا گیاه غالب در مخلوط بود (Banik, et al., 2006).

تولید نسبی زمین (RLO): با بررسی نتایج این شاخص مشخص می‌شود که بدون توجه به نسبت تراکمی گیاهان، آتش زدن بقایای گیاهی کم‌ترین میزان تولید نسبت به تک‌کشتی را داشته است (جدول ۳). البته تفاوتی بین دو روش مخلوط کردن و حذف بقایا به لحاظ آماری دیده نمی‌شود. به هر حال، بیش‌ترین (۰/۷۴) و کم‌ترین (۰/۵۱) مقدار این شاخص در نسبت ۵۰ +۵۰ درصد هر دو گیاه با حذف بقایا و نسبت ۷۵ درصد آمارانت و ۲۵ درصد ماش در روش آتش زدن بدست آمده است. از آنجا که این شاخص بیانگر این است که کل تولید مخلوط چه درصدی از مجموع تولید هر دو گیاه در تک‌کشتی می‌باشد، بنابراین، مشخص می‌شود تیماری که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط را داشته است (۱۳۴۷/۶) (جدول ۱)، زمانی که با شرایط تک‌کشتی زیرکشت مشترک (نسبت برابری زمین) و مجموع تولید تک‌کشتی (تولید نسبی زمین) مقایسه شود، بیشترین مقدار را ندارد. این مسئله به تعبیری نشان‌دهنده تأثیر رقابت بر وضعیت هر یک از گیاهان در مخلوط می‌باشد. به گونه‌ای که در بعضی موارد

Archive of SID

www.SID.ir

بخش زیادی از کل عملکرد مخلوط عمدتاً ناشی از عملکرد یکی از گیاهان بوده است (مقایسه شاخص تولید نسبی زمین با شاخص نسبت رقابت‌کنندگی CR و شاخص تهاجمی A در تیمارهای مختلف). بطور کلی، این شاخص برای مقایسه بهره‌وری بین کشت مخلوط و تک‌کشتی است. با این پیش فرض که سطح زمین و جمعیت کل جامعه گیاهی در مخلوط و تک‌کشتی مشابه هستند. در واقع این شاخص تفسیری از پدیده تداخل نبوده بلکه روشی ساده برای کمّی کردن بهره‌وری مخلوط می‌باشد. نتایج آزمایشی حاکی از این است که کمیت این شاخص به نوع گیاهان در مخلوط و همچنین توان رقابت‌کنندگی آن‌ها برای استفاده از منابع محیطی در تولید زیست توده بستگی داشته و با تغییر در نسبت‌های تراکمی و درجه رقابت‌کنندگی نیز تغییر خواهد کرد. البته اظهار شده است که از این شاخص نمی‌توان بطور مستقیم فرآیند و یا وضعیت رقابت را در یک مخلوط محاسبه نمود. هر چند که می‌تواند نشان‌دهنده نتیجه نهایی رقابت از طریق میزان تولید ماده خشک در طول دوره رشد و نمو گیاه زراعی و همچنین بیانگر تلفیقی از اثرات عوامل محیطی و زراعی مؤثر بر تولید باشد (Weigelt & Jolliffe, 2003).

کاهش واقعی عملکرد (AYL): در کلیه تیمارهای مورد آزمایش، مقدار این شاخص مثبت است که نشان‌دهنده سودمندی اجرای این مخلوط البته بر اساس تک بوته می‌باشد (جدول ۴)، زیرا سودمندی کل مخلوط بر اساس تولید در واحد سطح که بر مبنای LER بیان شده بود نیز همواره بیش‌تر از یک بود (جدول ۳). به هر حال بیش‌ترین (۲/۶۳) و کم‌ترین (۰/۳۲) مقدار این شاخص در تیمار آتش زدن بقایا است که می‌توان آن را به تعبیری ناشی از بی‌ثباتی کل بوم‌نظام در نتیجه آتش زدن بقایای گیاهی دانست. در مقابل، مقدار این شاخص در روش حذف بقایا بیش‌تر از سایر موارد است. بررسی شاخص عملکرد واقعی جزیی برای هر یک از گیاهان نیز نشان می‌دهد که صرف‌نظر از نسبت تراکمی، به طور میانگین برای آمارانت و ماش به ترتیب در شرایط آتش زدن بقایا (۱/۳۸) و مخلوط کردن بقایا (۰/۶۳) بیش‌ترین مقدار را داشته است، اما چنانچه تیمار نسبت تراکمی را در نظر بگیریم با افزایش سهم تراکمی از ۲۵ به ۷۵ درصد، مقدار این شاخص کاهش یافته که نشان می‌دهد هر دو گیاه آمارانت و ماش به افزایش تراکم بوته حساس می‌باشند.

جدول ۳- ضریب شلوغی نسبی و درجه تهاجمی و تولید نسبی زمین هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table 3- Crowding coefficient (K) and aggressively (A) and relative land output (RLO) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	ضریب شلوغی Crowding coefficient (K)			درجه تهاجمی Aggressively (A)		تولید نسبی زمین Relative land output (RLO)
		آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	
حذف بقایا Removal residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	0.41	5.63	2.3e	0.25	-0.25	0.58
	50:50	11.17	0.4	4.54c	0.31	-0.31	0.74
	25:75	16.8	0.24	4.09c	-0.1	0.1	0.71
	0:100	---	---	---	---	---	---
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	0.88	3.6	3.17d	0.4	-0.4	0.65
	50:50	10.13	0.56	5.72b	0.26	-0.26	0.68
	25:75	9.65	0.22	2.12e	-0.11	0.11	0.62
	0:100	---	---	---	---	---	---
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	0.75	1.61	1.2f	2.01	0.44	-0.44
	50:50	13.11	0.62	8.12a	2.7	0.26	-0.26
	25:75	-35.12	0.07	-2.72j	12.09	0.12	-0.12
	0:100	---	---	---	---	---	---
میانگین حذف بقایا Mean of Removal residue		9.46a*	2.09a	3.64a	0.15b	-0.15b	0.67a
میانگین مخلوط کردن بقایا Mean of Incorporated residue		6.88b	1.46b	3.67a	0.18b	-0.18b	0.65a
میانگین آتش زدن بقایا Mean of Burning residue		-7.08c	0.76c	2.2b	5.6a	0.27a	-0.27b

*میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند

*Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

Archive of SID

www.SID.ir

به تعبیری دیگر این دو گیاه به تشدید رقابت درون گونه حساس می‌باشند، زیرا کاهش این شاخص (البته در برخی موارد منفی نیز شده است) نشان‌دهنده کاهش تولید به ازای تک بوته و یابه عبارتی وزن تک بوته‌ها است. در حقیقت، شاخص تلفات واقعی عملکرد بر مبنای عملکرد تک بوته محاسبه شده و اطلاعات دقیقی در مقایسه با سایر شاخص‌ها در رابطه با رقابت درون و بین گونه برای گیاهان زراعی در مخلوط و همچنین رفتار هر یک از گونه‌ها در شرایط مخلوط ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، این شاخص نسبت کاهش یا افزایش عملکرد مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی است. به علاوه، کاهش عملکرد واقعی جزیی نشان‌دهنده میزان افزایش یا کاهش عملکرد هر یک از گونه‌های گیاهی در زمانی است که شرایط مخلوط آنها با شرایط تک‌کشتی مقایسه شود. مقدار این شاخص مثبت یا منفی بوده که نشان‌دهنده سودمندی یا نامطلوب بودن کشت مخلوط در زمانی است که هدف اصلی آن مقایسه عملکرد بر مبنای تک بوته است (Ghosh, 2004). در این ارتباط بیان شده است که شاخص AYL در مقایسه با سایر شاخص‌ها اطلاع دقیق‌تری برای رقابت درون و بین گونه گیاهان در مخلوط بدست می‌دهد (Banik et al., 2006). بنابراین، کمّی کردن افت عملکرد یک گیاه به علت حضور گونه گیاهی دیگر و یا در نتیجه تغییر نسبت تراکمی آن را نمی‌توان بخوبی با معیار LER جزیی بدست آورد؛ در حالی که مقدار AYL جزیی این تغییر در عملکرد را به خوبی بیان می‌کند .این پژوهش‌گران هم‌چنین اظهار داشتند که در مخلوط‌های ماشک با گیاهان جو و یولاف، غلات گونه‌ی غالب در مخلوط بودند، زیرا AYL جزیی غلات بیش‌تر از AYL جزیی ماشک بود (Dhima et al., 2007).

سودمندی مالی مخلوط (IA): نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که هر دو عامل کمیت تولید و قیمت محصول تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفته و در سودمندی مخلوط مؤثر بوده‌اند. بیش‌ترین (۱۶۹/۲) و کم‌ترین (۲۱/۵۸) مقدار این شاخص در شرایط آتش زدن بقایا و به ترتیب با نسبت تراکمی ۲۵ درصد آمارانت و ۷۵ درصد ماش و نسبت تراکمی ۷۵ درصد ماش و ۲۵ درصد آمارانت بدست آمد (جدول۴).

از آنجا که قیمت جهانی این دو گیاه تفاوت آن‌چنانی ندارند، لذا مهم‌ترین عامل مؤثر در سودمندی مخلوط، کمیت تولید هر یک از گیاهان در مخلوط خواهد بود. نکته قابل ذکر این است که تیمارهایی که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط را تولید کرده‌اند، بیش‌ترین سودمندی مخلوط را نداشته‌اند. البته نبایستی این مسئله به اشتباه تفسیر شود، زیرا معیار محاسبه این شاخص، استفاده از شاخص کاهش واقعی عملکرد (AYL) می‌باشد که مقدار این شاخص با تغییر تراکم نسبی تغییر خواهد کرد. البته به طور میانگین مقدار شاخص سودمندی کشت مخلوط در کلیه نسبت‌های تراکمی، در تیمار مخلوط کردن بقایا بیش‌تر از سایر روش‌های مدیریت بقایا بود. این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط مخلوط کردن بقایا، تک بوته‌های گیاهان از رشد بهتری برخوردار بوده که این مسئله در ادامه باعث بهتر شدن عملکرد کل علوفه مخلوط در این روش مدیریت بقایا شده است. واقعیت این است که شاخص سودمندی مالی مخلوط در حقیقت حاصل ضرب کمیت تولید در قیمت روز محصول است. بنابراین، سودمندی مخلوط را هم به لحاظ کمیت تولید و هم به لحاظ ارزش اقتصادی گیاهان زراعی بکار گرفته شده در مخلوط، بیان می‌نماید. به عبارت دیگر، ممکن است یک محصول از کمیت تولید پایین ولی از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار باشد و بالعکس (Ghosh, 2004). گزارش شده است در آزمایشی برای بسیاری از الگوهای مخلوط غلات و بقولات، شاخص IA مثبت بود که نشان‌دهنده سودمندی عملکرد مخلوط در برابر تک‌کشتی گیاهان است. این پژوهش‌گران معتقدند که بخش زیادی از سودمندی اقتصادی مخلوط بر اساس شاخص IA به قیمت فروش محصولات و بخش دیگری از آن به خصوصیات رشد و نمو و عملکرد آن‌ها بستگی داشته است (که البته این ویژگی‌ها با شاخص‌های دیگری نیز هم‌چون LER و AYL نیز مشخص می‌شوند) (Lithourgidis et al. 2011). نتایج مشابهی نیز در مخلوط ماشک با غلات (گندم، یولاف و ترتیکاله) نیز گزارش شده است (Dhima et al., 2007). این پژوهش‌گران البته اظهار داشتند که علاوه بر مسایل اقتصادی، بخشی از تفاوت‌ها در مخلوط‌های مورد بررسی برای این شاخص ناشی از میزان درجه تهاجمی غلات و هم‌چنین برخی عوامل رشد و نموی مؤثر این گیاهان در مخلوط با بقولات (مانند خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و نیازهای متفاوت آن‌ها به عناصر غذایی) بود. برای مثال، در غلاتی با ارتفاع زیادتر از بقولات (گندم و جو در مقایسه با ماشک) و یا در شرایطی که نسبت تراکمی غلات در مخلوط بیش‌تر از بقولات باشد به واسطه تأثیر بر جذب نور توسط بقولات به واسطه سایه‌اندازی غلات بر بقولات، کارایی مکانیسم تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در بقولات کاهش یافته که در ادامه موجب گره‌بندی ضعیف، کاهش رشد و توان بقولات در مخلوط می‌شود. در مقابل تشدید درجه تهاجمی غلات در این الگوی مخلوط باعث می‌شود که میزان بهره برداری از منابع محیطی توسط غلات در مقایسه با بقولات افزایش یابد. این مسئله چنان‌چه با تفاوت قیمت محصول اقتصادی، محصول نهایی غلات و بقولات همراه گردد، در نتیجه بر میزان سود اقتصادی مخلوط (میزان شاخص IA) تأثیرگذار خواهد بود (Yilmaz et al., 2008).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- کاهش واقعی عملکرد (AYL) و سودمندی مالی مخلوط (IA) هر یک از گیاهان در سیستم کشت مخلوط ماش و آمارانت تحت تأثیر روش های مختلف مدیریت بقایای گیاهی و نسبت‌های تراکمی متفاوت

Table4- Actual yield loss (AYL) and Intercropping Advantage (IA) of each crop in amaranth and mungbean intercropping system influenced by different residue managements and planting ratios.

مدیریت بقایا Residue management	نسبت‌های تراکمی Planting ratios (%) (ماش: آمارانت) (Amaranth: mungbean)	کاهش واقعی عملکرد Actual yield loss (AYL)			سودمندی مالی مخلوط Intercropping Advantage (IA)		
		آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total	آمارانت Amaranth	ماش Mungbean	جمع کل Total
حذف بقایا Removal residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	−0.26	1.61	1.35b	-16.9	77.72	60.82c
	50:50	0.83	-0.42	0.41f	53.95	-28.14	25.81d
	25:75	2.39	-0.43	1.95c	155.35	-28.81	126.54b
	0:100	---	---	---	---	---	---
مخلوط کردن بقایا Incorporated residue	100:0	---	---	---	---	---	--
	75:25	-0.03	1.17	1.2c	-1.95	78.39	76.44c
	50:50	0.82	0.27	1.09d	53.3	18.09	71.39c
	25:75	2.05	0.46	1.59c	133.25	-30.82	102.43b
	0:100	---	---	---	---	---	--
آتش زدن بقایا Burning residue	100:0	---	---	---	---	---	---
	75:25	-0.07	0.39	0.32f	-4.55	26.13	21.58d
	50:50	0.85	-0.23	0.62e	55.25	-15.41	39.84d
	25:75	3.37	-0.74	2.63a	219.05	-49.58	169.2a
	0:100	---	---	---	---	---	---
میانگین حذف بقایا Mean of Removal residue		0.98b	0.25b	3.71a	64.13b	6.92b	71.05c
میانگین مخلوط کردن بقایا Mean of Incorporated residue		0.94b	0.63a	1.29b	61.53b	21.88a	83.42a
میانگین آتش زدن بقایا Mean of Burning residue		1.38a	-0.19c	1.19c	89.91a	-12.96c	76.87b

*میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan test.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد کـه بـیش‌تـرین عملکـرد علوفه ی مخلوط در تیمارهای مخلوط کردن بقایا و نسبت تراکمی ۵۰ درصد بدست آمد. هر چند که بیش‌ترین مقدار نسـبت برابـری زمـین (LER) را نداشت. به علاوه، بیش‌ترین سودمندی مخلوط نیز در روش مخلوط کردن بقایا بدست آمد. با آتش زدن بقایای گیـاهی نواسـانات ضریب شلوغی (K) افزایش، میزان تولید نسبی زمین (RLO) و شدت نسبی رقابت (RCI) کاهش یافته و همچنین بیش‌ترین تلفات واقعـی عملکرد نیز(AYL) بدست آمـد. بـا افـزایش نسـبت تراکمـی، درجـه تهاجمی (A) آمارانت بیش‌تر از ماش افزایش یافت. بیش‌ترین و کـم-ترین توان رقابت‌کنندگی (CR) آمارانت در شرایط آتـش زدن بقایـا و حذف بقایا بدست آمد که برای ماش این شرایط برعکس بود. میـزان واکنش گیاهان آمارانت و مـاش بـه روش مـدیریت بقایـا در شـرایط تک‌کشتی بسیار بیش‌تر از شرایط مخلـوط بـود، امـا بـه هـر حـال در تیمارهای که بیش‌ترین عملکرد علوفه مخلوط حاصـل شـد، آمارانـت گیاه غالب و ماش گیاه مغلوب بود. در مجموع نیز گیاه آمارانت بیش‌تر از ماش تحت تأثیر روش مدیریت بقایـا و نسـبت‌هـای تراکمـی قـرار گرفته و توان رقابت‌کنندگی آن نیز نواسانات بیش‌تری در مقایسـه بـا ماش دارا بود.

منابع

Andersen, M.K., Hauggaard- Nielsen, J.W., and Jensen, E.S. 2007. Competitive dynamics in two- and three- component intercrops. Journal of Applied Ecology 44: 454-551.

Anil, L., Park, J., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. Grass Forage Sciences 53: 301-317.

Archive of SID

www.SID.ir

Aynehband, A., and Behrooz, M. 2011. Evaluation of cereal- legume and cereal-pseudocereal intercropping systems through forage productivity and competition ability. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10(4): 675-683.

Aynehband, A., Behrooz, M., and Afshar, A.H. 2010. Study of intercropping agroecosystem productivity influenced by different crops and planting ratios. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 7(2):163-169.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325–332.

Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series systems. Journal of Agronomy and Crop Science 185: 9–14.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249–256.

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.

Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluation pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72: 185-196.

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre- Hellou, G., Crozat,Y., Dahlmann, C., Dibet, A., Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E.S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N_2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crops Research 113: 64-71.

Herbert, S.J., Putnam, D.H., Poos-Floyd, M.I., Vargas, A., and Creighton, J.F. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. Agronomy Journal 76: 507-510.

Koocheki A., Lalehgani B., and Najibnia, S. 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 614-605. (In Persian with English Summary)

Lithourgidis, A.S., 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: 287–294.

Mucheru-Muna, M., Pypers, P., Mugendi, D., Kungu, J., Mugwe, J., Merckx, R., and Vanlauwe, B. 2010. A staggered maize-legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya. Field Crops Research 115: 132-139.

Oroka, F.O., and Omoregie, A.U. 2007. Competition in rice-cowpea intercrops as affected by nitrogen fertilization and plant population. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz) 64: 621-629.

Oseni, T.O. 2010. Evaluation of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. Journal of Agricultural Science 2(3): 229-234.

Papastylianou, I. 1990. Response of pure stands and mixtures of cereals and legumes to nitrogen fertilization and residual effects on subsequent barley. Journal of Agricultural Sciences 115: 15–22.

Weigelt, A., and Jolliffe, P. 2003. Essay review Indices of plant competition. Journal of Ecology 91: 707–720.

Yilmaz, F., Atak, M., and Erayman, M. 2008.Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 111-119.

Archive of SID

www.SID.ir