Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 49, No 3, Autumn 2018 (137-150)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.236367.654343

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۳، پائیز۱۳۹۷ (ص ۱۵۰-۱۳۷)

ارزیابی تولید علوفه در کشت مخلوط ذرت:سویا و ارزن مرواریدی: سویا

سید محمد باقر حسینی[1*]، احمد ثباتی[2] و مصطفی اویسی[3]

۱ و ۳: دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده ی علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

۲: دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده ی علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۷)

چکیده

به‌منظور یافتن جایگزینی برای کشت خالص تابستانهٔ ذرت علوفه‌ای (*Zea mays*)، نظام‌های کشت مخلوط ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum*): سویا (*Glycine max*) (P:G) و ذرت: سویا (Z:G) و آرایش‌های کشت جایگزینی (XXG، XXGG و XGG) و افزایشی ($X_{\%100}G_{\%25}$، $X_{\%100}G_{\%50}$ و $X_{\%83}G_{\%67}$) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مزرعهٔ تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، در کرج بررسی شد (G و X به ترتیب: سویا و گیاه غلات شامل ذرت، Z یا ارزن، P). نتایج نشان داد، عملکرد علوفهٔ غلات و علوفهٔ مخلوط در Z:G از P:G به میزان چشمگیری بیشتر بود. غلات در کشت مخلوط جزء غالب بودند و غالبیت ذرت بیشتر از ارزن بود. نظام و آرایش کشت مخلوط بر کل نسبت برابری زمین (LER) اثر معنی‌داری نداشت. بیشترین LER، ۱,۱۵ در $P_{\%100}G_{\%25}$ سال ۱۳۹۲ و ۱,۰۷ در $Z_{\%83}G_{\%67}$ سال ۱۳۹۳ بدون احتساب چین دوم ارزن و ۱,۱۰ در PGG با داده‌های مجموع دو چین ارزن در سال ۱۳۹۳ ثبت شد. در $X_{\%83}G_{\%67}$، با وجود تراکم ۸۳ درصد غلات نسبت به کشت خالص، LER برای ذرت ۰,۹۵ ولی برای ارزن ۰,۷۰ بود. در جمع‌بندی کلی، آرایش‌های افزایشی با درصد کمی سویا و یا با کاهش مختصری در سهم غلات، برای دستیابی به مقادیر بالاتر LER قابلیت بیشتری داشتند. از این‌رو کشت مخلوط، به‌ویژه آرایش افزایشی، می‌تواند جایگزین‌هایی مناسب برای کشت خالص در تولید علوفه با کیفیت دلخواه و افزایش تنوع در بوم‌نظام (اکوسیستم) و همسو با پایداری فراهم نماید.

واژه‌های کلیدی: آرایش کشت، افزایشی، جایگزینی، نسبت برابری زمین جزء، کشت مخلوط علوفه.

Evaluation of forage production in maize-soybean and pearl millet-soybean intercroppings

Seyed Mohammad Bagher Hosseini[1], Ahmad Sobati[2] and Mostafa Oveisi[3]

1 and 3: Associate Professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Tehran, Iran.

3: Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Tehran, Iran.

(Received: June 28, 2017- Accepted November 28, 2017)

ABSTRACT

In order to find an alternative to summer monoculture forage maize (*Zea mays*), intercropping systems of pearl millet (*Pennisetum glaucum*): soybean (*Glycine max*) (P:G) and maize: soybean (Z:G) and intercropping patterns, substitutive (XXG, XXGG and XGG) and additive ($X_{\%100}G_{\%25}$, $X_{\%100}G_{\%50}$ and $X_{\%83}G_{\%67}$) were evaluated as factorial in RCBD at research field of Agriculture and Natural Resources College of Tehran University in Karaj during 2013 and 2014 (G and X respectively: soybean and cereal including maize, Z, or pearl millet, P). Results showed that yields of cereal forage and mixed forage in Z:G were significantly higher than P:G. Cereals were dominant component in intercrop and the dominance of maize was higher than millet. Intercropping system or pattern did not affect total land equivalent ratio (LER).The highest LER was recorded 1.15 by $P_{\%100}G_{\%25}$ in 2013 and 1.07 by $Z_{\%83}G_{\%67}$ in 2014 without 2nd cut of pearl millet, and 1.10 by PGG in 2014 with sum of 2 cuts of pearl millet. In $X_{\%83}G_{\%67}$ despite the 83% cereal density of monoculture, partial LER was 0.95 for maize but 0.70 for pearl millet. It is concluded that additive patterns with a small ratios of soybean or with some decrease in ratios of cereal component, tend to have potential to achieve higher LERs. Thus intercropping, specially additive pattern can provide suitable alternatives to monoculture in production of forage with customized quality and higher diversity in ecosystem, in consistent with sustainability.

Keywords: partial LER, intercropping pattern, additive, substitutive, forage intercropping.

* Corresponding author E-mail: bhosseini@ut.ac.ir

مقدمه

کشت پی‌درپی ذرت سیلویی که به‌طور گسترده‌ای در استان البرز رواج دارد با چالش‌هایی از جمله نبود تناوب مؤثر، کاهش حاصلخیزی خاک، گسترش آفات، بیماری‌های و علف‌های هرز مشترک بین ذرت و غلات در کشت بعدی و نیز مصرف گستردهٔ آب روبه‌رو است که پایداری آن را تهدید می‌کند. از سوی دیگر دامداران همزمان با سیلوی ذرت، با چالش تأمین دیگر گیاهان علوفه‌ای که از نظر پروتئین غنی‌تر هستند مانند یونجه و دیگر گیاهان خانوادهٔ نخود برای تکمیل جیرهٔ غذایی دام روبه‌رو هستند. (نظیر Javanmard *et al.*, 2012; Erdal, *et al.*, 2016). یک راهکار رویارویی با چالش‌های بالا، کشت مخلوط است. کشت مخلوط که از ارکان کشاورزی پایدار است، سبب افزایش تنوع در نظام‌های زراعی می‌شود. همچنین در کشت مخلوط تفاوت ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) و فیزیولوژیک بین گونه‌ها باعث می‌شود تا آن‌ها آشیان-های بوم‌شناختی (اکولوژیک) متفاوتی اشغال کنند و با استفادهٔ کامل‌تر از منبع‌ها، نسبت به تک‌کشتی برتری به دست آید. از سوی دیگر تقویت توان رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز از جمله برتری‌های کشت مخلوط است (Lithurgidis *et al.*, 2011). کشت مخلوط غلات با حبوبات اغلب برتری داشته است، حسینی و همکاران در کشت مخلوط ارزن مرواریدی: لوبیا چشم‌بلبلی با اندازه‌گیری عملکرد علوفهٔ ارزن و دانهٔ حبوبات سودمندی کشت مخلوط را در بیشتر تیمارها نشان دادند (Hosseini, 2004). این نوع کشت مخلوط در تولید علوفه نیز بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Sengul, 2003). در یک بررسی کشت مخلوط سورگوم و یا ذرت با لوبیا چشم‌بلبلی نسبت برابری زمین تولید علوفه در ترکیب ۲ به ۱ سورگوم: لوبیا چشم‌بلبلی به میزان ۱/۵ بود که رقم بالایی را نشان می‌دهد (Surve *et al.*, 2011). هرچند همهٔ موارد کشت مخلوط غلات چهار کربنه با گیاهان خانوادهٔ نخود منجر به تولید علوفه بیشتر در واحد سطح نمی‌شود اما تأثیر کشت مخلوط در عملکرد پروتئین در بیشتر موارد و در بهبود کیفیت علوفهٔ به‌دست‌آمده در همهٔ موارد گزارش شده است (Azim *et al.*, 2000; Herbert *et al.*, 1984; Martin *et al.*, 1990; Stoltz & Nadeau, 2014). سویا از گیاهان علوفه‌ای مهم تیرهٔ بقولات است (Maasdorp & Titterton, 1997). علوفهٔ سویا هم در تک‌کشتی و هم به‌صورت کشت مخلوط با دیگر گیاهان علوفه‌ای به‌ویژه غلات استفاده می‌شود (Anil *et al.*, 1998; Herbert *et al.*, 1984; Martin *et al.*, 1990). در این پژوهش تأثیر کشت مخلوط غلات (ذرت و ارزن مرواریدی) با سویا، بر تولید علوفه به‌عنوان جایگزینی برای کشت خالص ذرت علوفه‌ای در الگوی کشت رایج در منطقهٔ کرج (کشت ذرت در اواخر بهار، پس از برداشت یا پایان نیاز آبی غلات پاییزه، به‌اصطلاح «کشت دوم») بررسی شده است. در این تحقیق واکنش سویا و گیاهان چهار کربنه صرف‌نظر از گونه و واکنش گونه‌ها جداگانه بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعهٔ تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در کرج انجام شد (35°48'8"N 50°57'41"E). خاک مزرعه بافت لوم رسی داشت (جدول ۱). سه گونه زراعی ذرت (*Zea mays* L.)، ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) و سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) در این پژوهش استفاده شد: ذرت، دورگ (هیبرید) تجاری ۷۰۴ که در سطح کشور و منطقهٔ کرج کشت می‌شود؛ ارزن مرواریدی، دورگ تجاری نوتریفید که از رقم‌های پرمحصول علوفه‌ای ارزن مرواریدی است و در آب‌وهوای کرج امکان برداشت دو چین از آن وجود دارد. سویا، رقم L17 رقمی با عادت رشد نامحدود اما دورهٔ رسیدگی به نسبت کوتاه که در محدودهٔ زمانی اجرای آزمایش، به تولید غلاف و بخشی از رشد دانه می‌رسد.

در سال اول (۱۳۹۲)، طرح آزمایش فاکتوریل با دو عامل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بود. عامل‌ها عبارت بودند از: نظام کشت مخلوط و آرایش‌های کشت مخلوط. نظام‌های کشت شامل دو نظام کشت ارزن مرواریدی: سویا (P:G) و ذرت: سویا

(Z:G) و آرایش‌های کشت مخلوط متشکل از هفت آرایش از کشت خالص و مخلوط خطی هر یک از غلات با سویا به‌صورت آرایش‌های جایگزینی و افزایشی بودند. با توجه به وجود تیمار کشت خالص سویا درمجموع در هر بلوک ۱۵ کرت ایجاد شد. از سه آرایش جایگزینی به نسبت ۲:۱، ۲:۲ و ۱:۲ بین هر یک از دو گیاه ذرت و ارزن با سویا، استفاده شد.

جدول ۱. ویژگی‌های خاک زمین آزمایش در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر).

Table 1. Soil characteristics of the experimental area in 2013 and 2014 (0-30 cm depth).

	pH	EC ds/m	TNV (%)	OC (%)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	Texture class	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
2013	8.3	1.84	7.4	0.67	28	32	40	C.L	0.08	11.9	170
2014	8.2	1.80	6	0.64	30	33	37	C.L	0.08	5	144

آرایش‌های افزایشی شامل یک آرایش با جمع اختلاط ۱۲۵ درصد کشت معمول با سهم غلات ۱۰۰ درصد و سویا ۲۵ درصد و دو اختلاط ۱۵۰ درصد با نسبت‌های ۱۰۰ درصد:۵۰ درصد و ۸۳ درصد:۶۷ درصد برای غلات: سویا بود. در جدول (جدول ۲) خلاصهٔ تیمارها و نشانه‌های اختصاری مربوطه نمایش داده شده است. ردیف‌های کشت به عرض ۶۵ سانتی‌متر ایجاد شدند. در تیمارهای خالص و جایگزینی تراکم مورد نظر ذرت، ارزن مرواریدی و سویا به ترتیب۱۳، ۹ و ۳۳ بوته در مترمربع بود. در تیمارهای افزایشی، تراکم ۸۳ درصد، برای ذرت و ارزن مرواریدی به ترتیب به شمار ۱۰٫۸ و ۷٫۵ بوته در مترمربع و در سویا تراکم‌های ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۶۷ درصد به ترتیب به شمار ۸٫۳، ۱۶٫۵و ۲۲٫۱ بوته در مربع بود. در تیمارهای افزایشی، خطوط کشت هر گیاه بین خطوط کشت گیاه دیگر کاشته شد (شکل ۱). سطح کرت‌ها شامل سطح حاشیه‌ای و سطح سودمند بود. حاشیه‌های در آغاز و انتهای هر کرت به طول ۸۰ سانتی‌متر و شمار ردیف‌های کناری حاشیه‌ای در کرت‌های کشت خالص سویا یک ردیف کاشت و در کرت‌های گونه‌های غلات شامل دو ردیف کاشت به عرض ۱۳۰ سانتی‌متر در هر طرف کرت داشت. سطح سودمند کرت به طول ۸ متر شامل دو منطقهٔ برداشت انتخاب شد. عرض سودمند کرت در تیمارهای تک کشت غلات و کشت افزایشی دو ردیف کشت (۱٫۳ متر)، در تیمارهای ۱: ۲، ۲: ۱ و تک کشت سویا سه ردیف (۱٫۹۵ متر) و در تیمارهای ۲: ۲، چهار ردیف (۲٫۶ متر) در نظر گرفته شد.

مدیریت آب و کود شیمیایی همسان زراعت معمول ذرت علوفه‌ای برای همهٔ تیمارها یکسان انجام شد. آبیاری به شیوهٔ تحت‌فشار و کود شیمیایی فسفر به میزان ۱۴ کیلوگرم برحسب (P) معادل ۲۳ کیلوگرم (P_2O_5)، پتاسیم به میزان ۲۲ کیلوگرم برحسب (K) معادل ۲۶ کیلوگرم (K_2O) و نیتروژن برحسب (N) در نوبت اول ۱۰۸ کیلوگرم (۲۴ تا ۲۸ مرداد) و در نوبت دوم ۲۴ کیلوگرم در هکتار (در ذرت ۲۶ تا ۲۸ شهریور و در ارزن مرواریدی پس از چین اول ۳ تا ۷ مهر) به‌کاربرده شد. در کشت‌های خالص سویا نیز به‌منظور هماهنگی زمانی با کشت‌های مخلوط، سهم کود دو قسمت شده و همزمان با کوددهی سرک غلات مربوطه به کرت داده شد. کاشت (بذرکاری): با تراکم بیشتر به‌صورت دستی در ۲۵ خرداد تا ۲ تیر و خاکاب در۳۱ خرداد تا ۳ تیر انجام شد و پس از سبز شدن و استقرار بوته‌ها عملیات تنک کردن برای اعمال تراکم مورد نظر تیمار و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. در زمان برداشت در هر محصول، طول ۳٫۵ متر از خطوط کاشت در سطح سودمند کرت به‌صورت جداگانه برداشت شد. (مابقی طول کرت برای یادداشت‌برداری در پژوهش‌های دیگر استفاده شد). طول سودمند کرت‌های کشت خالص سویا به دو قسمت و یک فاصلهٔ ۱۰ سانتیمتری بینشان تقسیم شد که هر قسمت همزمان با برداشت یکی از غلات برداشت شد. زمان چیدن در ارزن، بنا بر توصیهٔ رایج، رسیدن ارتفاع پوشش گیاهی به ۱-۱٫۲ متر است، به علت عدم یکنواختی بین کرت‌های ارزن در رسیدن به ارتفاع

مناسب برداشت، در عمل برداشت ارزن به‌عنوان چین اول به تعویق افتاد و در تاریخ ۲۸ شهریورماه تا ۷ مهرماه صورت گرفت. برداشت ذرت، در اوایل مرحلهٔ خمیری و از ۱۰ تا ۲۰ مهرماه انجام شد. برداشت سویا همزمان با برداشت گیاه همراه و در ارزن: سویا در مرحلهٔ دانه‌بندی کامل (R7) و در ذرت: سویا در مرحلهٔ اوایل رسیدگی (R8) صورت گرفت. ارتفاع برش ذرت (و سویای همزمان آن) حدود ۵ سانتی‌متر و در ارزن (و سویای همزمان) حدود ۱۵ سانتی‌متر، با روش معمول برداشت آن برای امکان رشد دوباره در چین دوم، در نظر گرفته شد. تاریخ چین دوم ارزن ۱۱ آبان در نظر گرفته شد. محصول برداشت‌شده در مزرعه توزین و نمونه‌ای از آن تهیه شد و در مزرعه و پس از خشک شدن در آون ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت، توزین شد. همچنین در محل برداشت شمار بوته‌های برداشت‌شده شمارش شدند. در آزمایشگاه نمونهٔ برداشت‌شده به بخش‌های برگ، ساقه و زایشی تفکیک و توزین شدند. در سال دوم (۱۳۹۳) اجرای کشت از نظر تقویمی نسبت به سال اول دیرتر آغاز و خاکاب در تاریخ ۱۵-۲۰ تیرماه انجام شد. به علت اینکه علوفهٔ سویا تولیدشده در آرایش افزایشی ۱۲۵درصد ناچیز بود (کمتر از ۸٪ وزن کل علوفه) این تیمار از آرایش‌های کشت حذف شد. لذا سطح عامل آرایش کاشت به شش سطح و شمار کرت‌ها در هر تکرار به ۱۳ کرت تغییر یافت. طرح آزمایشی همسان سال پیش ولی در سه تکرار اجرا شد. همچنین در این سال، طول سودمند هر کرت تنها به یک فضای برداشت، به میزان ۳٫۵ متر قرار اختصاص یافت. با توجه به مقدار کم فسفر خاک قطعهٔ زمین سال دوم (جدول ۱)، کود فسفر به میزان۲۶ کیلوگرم برحسب (P) معادل ۵۹ کیلوگرم (P_2O_5)، در هکتار به زمین افزوده شد. کاربرد کود سرک نیتروژن در سال دوم، در هر دو نوبت برای همهٔ کرت‌های هر تکرار صرف‌نظر از گونهٔ غلات، همزمان انجام شد که نوبت اول در تاریخ ۲ تا ۳ شهریور و نوبت دوم در تاریخ ۲۹ شهریور تا ۱۱ مهرماه (پس از چین اول ارزن) انجام شد. برداشت چین اول ارزن از ۲۲ شهریور تا ۱۰ مهر و برداشت ذرت از ۱۸ مهر تا ۴ آبان (در اواسط مرحلهٔ شیری) و چین دوم ارزن نیز در ۱۰ آبان ماه انجام شد. دیگر موارد همسان سال پیش انجام شد.

جدول ۲. نشانه‌ها و ویژگی‌های تیمارهای کشت مخلوط ذرت: سویا و ارزن مرواریدی: سویا مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Indications and specifications of maize-soybean and pearl millet-soybean intercroppings treatments used in the experiment

Intercropping pattern (IP)			Intercropping system (IS): Pearl millet: soybean (P:G)	Intercropping system (IS): Maize: soybean (Z:G)	Land allocation relative to mono crop (%): Cereal	Land allocation relative to mono crop (%): Soybean
Mono crop		X	P	Z	100	0
		$G_{(X)}$	$G_{(p)}$	$G_{(z)}$	0	100
substitutive	2:1	XXG	PPG	ZZG	66.7	33.3
	2:2	XXGG	PPGG	ZZGG	50	50
	1:2	XGG	PGG	ZGG	33.3	66.7
additive	%125	$X_{\%100}G_{\%25}$	$P_{\%100}G_{25\%}$	$Z_{\%100}G_{25\%}$	100	25
	%150	$X_{\%100}G_{\%50}$	$P_{\%100}G_{50\%}$	$Z_{\%100}G_{50\%}$	100	50
	%150	$X_{\%83}G_{\%67}$	$P_{83\%}G_{67\%}$	$Z_{83\%}G_{67\%}$	83	67

در آرایش‌های کشت، هر یک از حرف‌های G و X به ترتیب بیانگر یک ردیف کاشت گیاه سویا و غلات در تیمار هستند و در تیمارهای افزایشی، انـدیس نسبت تراکم گیاه مربوطه به تراکم کشت خالص را نشان می‌دهد. گیاه غلات در نظام کشت مربوطهٔ ارزن مرواریدی (P) و ذرت (Z) است.

$G_{(P)}$ یا $G_{(Z)}$ بیانگر آن بخش از کشت خالص سویا است که به ترتیب همزمان با برداشت ارزن یا ذرت برداشت می‌شود.

In patterns, each letter of G or X represents one row of soybean or greamineae crop in treatment respectively. Subscripts in additive patterns show applied plant density in percentage of conventional.

Gramineae crop is pearl millet (P) or maize (Z) in related intercropping system.

$G_{(X)}$ represents part of soybean plot harvested at time of harvesting forage of Cereal in each systems, $G_{(P)}$ or $G_{(Z)}$.

$G_{(P)}$ or $G_{(Z)}$ represents part of soybean monocrop harvested at forage harvesting time of P:G or Z:G systems respectively

محاسبات

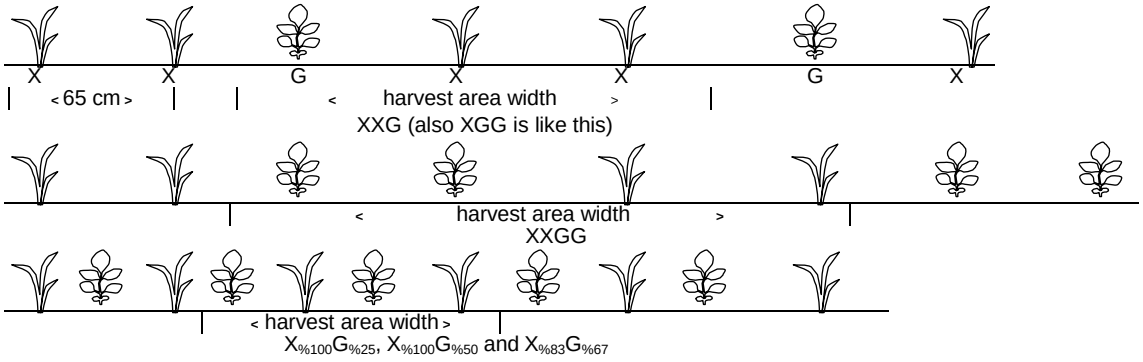
نسبت برابری زمین (LER) کل از جمع LER دو گونهٔ همراه محاسبه می‌شود که در رابطهٔ زیر نشان داده شده است:

$$LER= LER_X+ LER_G= YI_X/YS_X + YI_G/YS_G \quad (1)$$

که در اینجا X گیاه غلات (ذرت یا ارزن مرواریدی)، G سویا، YI عملکرد در کشت مخلوط و YS عملکرد در کشت خالص گیاه مربوط را نشان می‌دهد. محاسبهٔ واحدهای دمایی (Tu) برحسب درجهٔ سلسیوس روز، بر پایهٔ معادلهٔ زیر انجام شد:

$$Tu=Tm_a-Tb,\ Tm= (Max_a-Min_a)/2 \quad (2)$$

که در آن‌ها Min_a و Max_a به ترتیب مقادیر تعدیل‌شدهٔ دمای کمینه و بیشینهٔ شبانه‌روز و Tm میانگین دمای شبانه‌روز است. تعدیل در دمای مربوطه به این صورت هست که در دماهای بیشینه و کمینهٔ شبانه‌روز، به‌جای دماهای کمتر از دمای کمینه پایهٔ گیاه، دمای پایه و به‌جای دماهای بالاتر از دمای مطلوب، دمای مطلوب در رابطهٔ بالا قرار داده می‌شود. دامنه‌های دمایی گیاهان آزمایش (دمای پایه و دمای مطلوب) به ترتیب (۱۰ و ۳۰)، (۱۱ و ۳۳) و (۱۰ و ۳۰) درجهٔ سلسیوس برای ذرت، ارزن و سویا در نظر گرفته شدند. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار SAS و مقایسهٔ میانگین بر پایهٔ آزمون تی به روش کمترین میانگین مربعات (lsmeans) در این برنامه انجام گرفت.



شکل ۱. طرح نحوهٔ استقرار خطوط کاشت در آرایش‌های کشت مخلوط ذرت: سویا و ارزن مرواریدی: سویا.
هر یک از حرف‌های G و X به ترتیب بیانگر یک ردیف کاشت گیاه سویا و غلات (ذرت یا ارزن مرواریدی) هستند.

Figure 1. Schematic design of sowing rows in maize-soybean and pearl millet-soybean intercroppings patterns.

جدول ۳. طول زمان و زمان دمایی برای هر یک از محصولات در کشت مخلوط ذرت: سویا و ارزن مرواریدی: سویا در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

Table 3. Time and thermal time for each crop in maize-soybean and pearl millet-soybean intercroppings during 2013 and 2014.

		Duration from sowing to forage harvest	
	Crop	days	degree days
2013	Pearl millet (first cut)	94	1349
	Soybean (G_P)	94	1309
	Maize	107	1462
	Soybean (G_Z)	107	1462
	Pearl millet (second cut)	132	1602
2014	Pearl millet (first cut)	77	1169
	Soybean (G_P)	77	1125
	Maize	102	1344
	Soybean (G_Z)	102	1344
	Pearl millet (second cut)	116	1424

G_P and G_Z represent parts of soybean plots were cut simultaneously with cutting pearl millet (first cut) and maize respectively.

نتایج و بحث

با تجزیهٔ واریانس عملکرد مادهٔ خشک علوفهٔ هر یک از اجزاء کشت مخلوط، واریانس خطای آزمایش در هرسال محاسبه شد (جدول‌ها ارائه نشدند). آزمون یکنواختی واریانس (Gomez & Gomez, 1984)، تفاوت معنی‌داری بین دو واریانس خطا نشان نداد. لذا از روش تجزیهٔ مرکب واریانس برای تحلیل داده‌های دو سال استفاده شد (جدول ۴). اثر متقابل بین سال و

تیمار در عملکرد علوفهٔ غلات در بوته و نیز در عملکرد علوفهٔ سویا در واحد سطح و در بوته معنی‌دار بود. این تأثیر با شدت کمتری در عملکرد علوفهٔ غلات در واحد سطح نیز مشاهده شد (α=٪۱۰). این نشان می‌دهد که واکنش به برخی تیمارها در بین دو سال متفاوت بوده است. در سال ۱۳۹۲ به دلایلی مانند تعویق برداشت چین اول و شرایط نامناسب جوی، رشد دوباره پس از چین اول ارزن در همهٔ کرت‌ها به نحو یکنواختی رخ نداد و داده‌های به‌دست‌آمده از چین دوم، قابلیت کاربرد در تجزیهٔ آماری نداشتند (دامنهٔ عملکرد از ۰ تا بیشینه ۴۷۱۴ کیلوگرم در هکتار علوفهٔ خشک). لذا در آغاز نتایج و بحث با منظور کردن تنها داده‌های چین اول برای ارزن ارائه می‌شود و در انتها به نتایج شامل چین دوم نیز اشاره خواهد شد.

جدول ۴. خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ مرکب واریانس عملکرد مادهٔ خشک علوفه در واحد سطح و در بوتهٔ غلات (برای ارزن، داده‌های چین اول) و سویا در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

Table 4. Summary of ANOVA results for forage dry matter yield per unit area and per plant of Cereal (for pearl millet, data of 1st cut) and soybean during 2013 and 2014.

		per unit area				per plant			
	Source of variances	Cereal		soybean		Cereal		soybean	
		df	MS	df	MS	df	MS	df	MS
2 years	Y	1	0.0001^{ns}	1	0.0850^{ns}	1	0.0003^{ns}	1	0.1046^{ns}
	R(Y)	5	0.0133	5	0.0350	5	0.0133	5	0.0358**
	T	11	0.2620**	11	0.6415**	11	0.1064**	11	0.3285*
	IS	1	2.2167**	1	0.0632^{ns}	1	0.4580**	1	0.0634^{ns}
	IP	5	0.1349**	5	1.3295**	5	0.1284**	5	0.6551**
	IS×IP	5	0.0085^{ns}	5	0.0473^{ns}	5	0.0107^{ns}	5	0.0476^{ns}
	Y×(T)	11	0.0087^{ns}	11	0.0826**	11	0.0175**	11	0.0828**
	E	51	0.0049	51	0.0082	52	0.0048	52	0.0080
	C.V.		%2.37		%3.88		%1.36		%2.21

df: degrees of freedom, MS: mean of squares, R: replication, IS: intercropping system, IP: intercropping pattern, E: error, Y: year, T: treatment (combination of IS and IP levels).
ns: nonsignificant. * and **: significant at probability level of 0.05 and 0.01 respectively.
Data were logarithmically transformed in order to meet validity requirements of anova. Due to loss of some data of plots, df were not equal among the variables.

هم عملکرد علوفهٔ غلات و هم علوفهٔ سویا تحت تأثیر نظام کشت قرار گرفت (جدول ۴). در علوفهٔ غلات، عملکرد ذرت نسبت به عملکرد چین اول ارزن مرواریدی در همهٔ آرایش‌های کشت، برتری آشکاری نشان داد (جدول ۵ و شکل ۲). در بررسی حسین-مردی و همکاران نیز چین اول و مجموع چین اول و دوم ارزن مرواریدی به میزان چشمگیری از کشت ذرت خالص، کمتر بودند (Hosseinmardi *et al.*, 2017). در سال ۱۳۹۲ علوفهٔ سویا در نظام کشت ارزن: سویا (میانگین آرایش‌های کاشت) بیشتر بود و در سال ۱۳۹۳ از آن ذرت:سویا بیشتر بود. درحالی‌که در نظام کشت ذرت:سویا، فرصت رشد بیشتری وجود داشته، بیشتر بودن علوفهٔ سویای سال ۱۳۹۲ در سیستم ارزن: سویا گویای اعمال رقابت کمتر از سوی ارزن در مقایسه با ذرت بوده است. زیرا در کشت خالص سویا این حالت مشاهده نمی‌شود (شکل ۳). آرایش کاشت بر عملکرد هر دو نوع علوفهٔ غلات و سویا تأثیر معنی‌داری داشت و عملکرد در بین آرایش‌های کاشت از سهم گیاه مربوطه در آرایش کشت تبعیت می‌کرد. در آرایش افزایشی حضور سویا در عملکرد ذرت تأثیر معنی‌داری به‌جای نگذاشت اما در عملکرد ارزن کاهش معنی‌داری اعمال کرد (شکل ۲). در بین آرایش‌های کشت، سویا در حضور ارزن عملکرد بهتری نشان داد (شکل ۳) به‌ویژه در سال اول، که نشان می‌دهد سویا در همراهی با ارزن فشار رقابتی کمتری تحمل کرده است. در سال دوم چنان‌که در بالا اشاره شد، رشد بیشتر سویا در نظام کشت ذرت:سویا (حتی در کشت خالص) احتمال دارد به دلیل اختلاف بیشتر زمان برداشت این دو نظام کشت در سال دوم (جدول ۳) و استفادهٔ بیشتر نظام کشت ذرت:سویا از شرایط حاصل‌خیزتر سال دوم، آشکار بودن این تأثیر را کمرنگ کرده باشد.

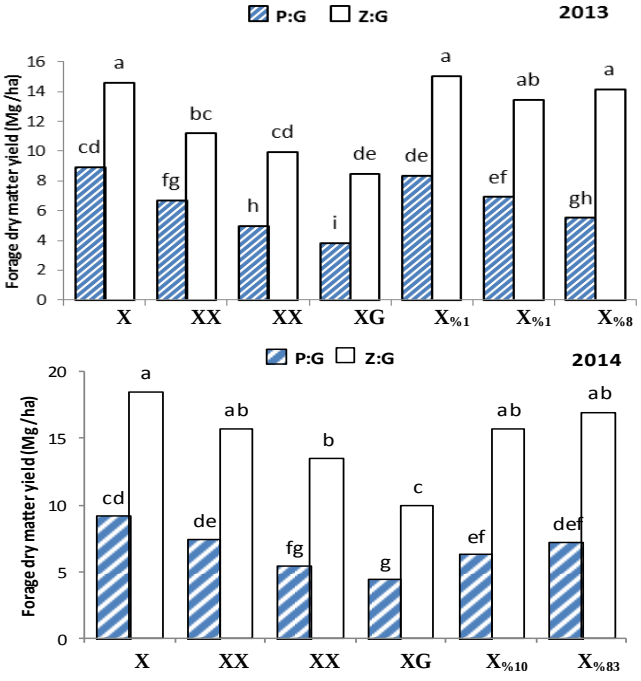
جدول ۵. میانگین عملکرد مادهٔ خشک علوفهٔ محصولات غلات و سویا (اثر اصلی IS و IP) در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، (برای ارزن، داده‌های چین اول).

Table 5. Means of forage dry matter yield (main effects of IS and IP) in 2013 and 2014, (for pearl millet, data of 1st cut).

		2013				2014			
		per unit area (Mg ha^{-1})		per plant (g plant^{-1})		per unit area (Mg ha^{-1})		per plant (g plant^{-1})	
		Cereal	soybean	Cereal	soybean	Cereal	soybean	Cereal	soybean
IS	P:G	6.457	3.123	135.5	17.8	6.669	2.382	89.2	10.2
	Z:G	12.415	2.113	135.0	10.5	15.061	3.404	168.0	14.5
IP	X	11.778^{a}	-	125.4^{cd}	-	13.813^{a}	-	109.2^{c}	-
	XXG	8.930^{c}	1.461^{de}	142.1^{bc}	14.1^{b}	11.612^{ab}	1.231^{de}	137.4^{ab}	10.7^{c}
	XXGG	7.446^{d}	2.660^{c}	153.3^{b}	17.1^{a}	9.448^{c}	2.319^{c}	148.1^{a}	13.4^{bc}
	XGG	6.161^{e}	3.800^{b}	187.1^{a}	18.3^{a}	7.212^{d}	3.723^{b}	170.2^{a}	16.2^{b}
	$X_{100\%}G_{\%25}$	11.703^{ab}	0.913^{f}	122.7^{cde}	11.8^{c}	-	-	-	-
	$X_{\%100}G_{\%50}$	10.194^{bc}	1.297^{e}	105.4^{e}	9.1^{cd}	11.012^{bc}	0.953^{e}	86.3^{d}	5.3^{d}
	$X_{\%83}G_{\%67}$	9.840^{c}	1.743^{d}	110.7^{de}	7.9^{d}	12.096^{ab}	1.316^{d}	120.5^{bc}	5.9^{d}
	G	-	6.451^{a}	-	20.7^{a}	-	7.817^{a}	-	22.6^{a}

IS: نظام کشت مخلوط، IP: آرایش کشت مخلوط. در بخش آرایش کشت، در هر ستون میانگین‌های دارای همانندی در یکی از حرف‌ها (a, b, …) بدون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد بر پایهٔ آزمون تی به روش کمترین میانگین مربعات هستند. برای میانگین‌های IS×IP به نمودارها مراجعه شود.

IS: intercropping systems, IP: intercropping patterns. Within IP section, means with one common letters of (a, b, …) in a column, are not significantly different at 0.05 probability level by t-test using least square means. For means of IS×IP, refer to charts.

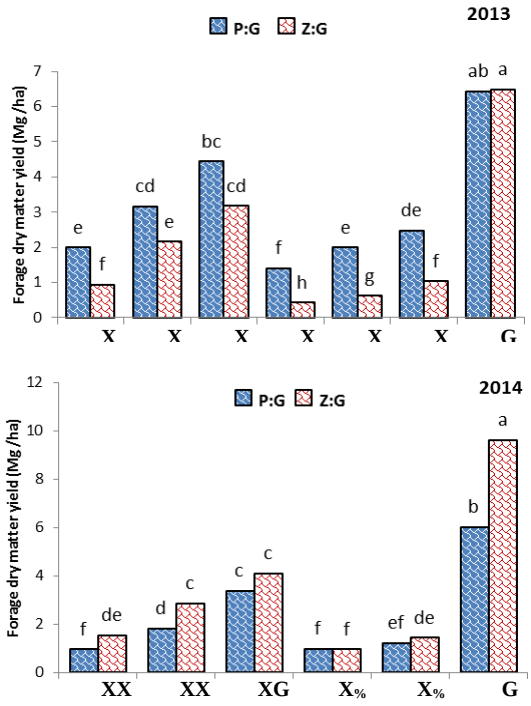


شکل ۲. عملکرد خشک علوفهٔ غلات در واحد سطح در دو نظام کشت مخلوط در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

نظام‌های کاشت: (P:G) ارزن مرواریدی (چین اول): سویا و (Z:G) ذرت: سویا. هر یک از حرف‌های G و X به ترتیب بیانگر یک ردیف کاشت گیاه سویا و غلات در آرایش کاشت تیمار هستند. در تیمارهای افزایشی، اندیس نسبت تراکم گیاه مربوطه به تراکم کشت خالص را نشان می‌دهد. ستون‌های دارای همانندی در یکی از حرف‌های (a, b, …) بدون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد هستند.

Figure 2. Forage dry matter yield of cereal crop per unit area in two intercroppping systems, during 2013 and 2014 .

Intercropping systems: P:G pearl millet (first cut): soybean and Z:G maize: soybean. Each letter of G or X represents one row of soybean or cereal crop in treatment respectively. Subscripts in additive patterns show applied plant density in percentage of conventional. Bars with one common letters of (a, b, …) are not significantly different at 0.05 probability.



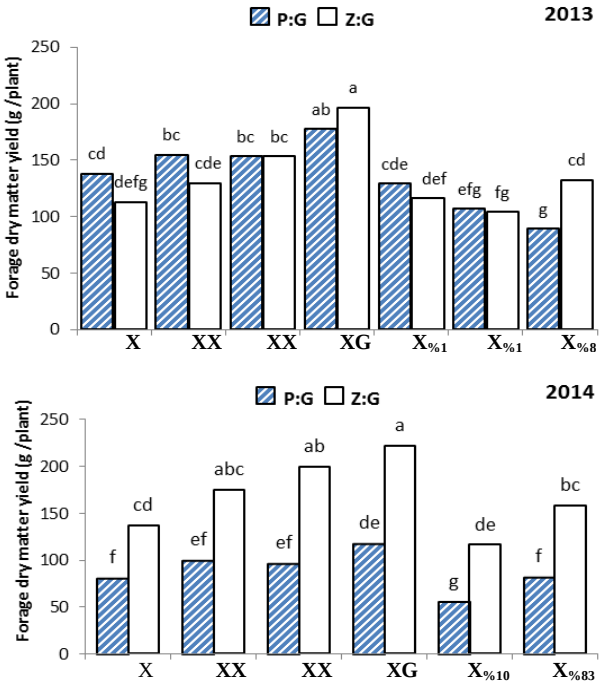
شکل ۳. عملکرد خشک علوفهٔ سویا در واحد سطح در دو نظام کشت مخلوط در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

نظام‌های کاشت: (P:G) ارزن مرواریدی (چین اول): سویا و (Z:G) ذرت: سویا. هر یک از حرف‌های G و X به ترتیب بیانگر یک ردیف کاشت گیاه سویا و غلات در آرایش کاشت تیمار هستند. در تیمارهای افزایشی، اندیس نسبت تراکم گیاه مربوطه به تراکم کشت خالص را نشان می‌دهد. هر یک از ستون‌های کشت خالص سویا بیانگر آن بخش از کرت‌های سویا هستند که در زمان برداشت علوفه در نظام کشت مربوطه، برداشت شده‌اند. ستون‌های دارای همانندی در یکی از حرف‌های (a, b, …) بدون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد هستند.

Figure 3. Forage dry matter yield of soybean per unit area in two intercroppping systems, during 2013 and 2014.

Intercropping systems: P:G pearl millet (first cut): soybean and Z:G maize: soybean. Each letter of G or X represents one row of soybean or cereal crop in treatment respectively. Subscripts in additive patterns show applied plant density in percentage of conventional. Two bars in soybean monocrop represent part of soybean plots harvested at time of forage harvesting of corresponding system. Bars with one common letters of (a, b, …) are not significantly different at 0.05 probability level.

در سویا وزن تک بوته با افزایش سهم آن در مخلوط بهتر شد (شکل ۵). این حالت در آرایش‌های جایگزینی و نیز در بین آرایش‌های افزایشی نیز در هر دو گونهٔ غلات مشاهده شد. این امر حساسیت گیاه سویا و مغلوبیت آن را در کشت مخلوط با گیاهان بلند و رقابتی، استفاده‌شده در آزمایش نشان می‌دهد. نتایج تجزیهٔ واریانس نسبت برابری زمین در جدول (جدول ۶) ملاحظه می‌شود. واریانس خطاهای هر سال در تجزیهٔ نسبت برابری زمین جزء غلات یکنواخت بود و بنابراین تجزیهٔ مرکب برای آن استفاده شد اما در تجزیهٔ LER سویا و LER کل، واریانس‌ها در بین دو سال یکنواخت نبودند . از این‌رو نتایج به‌دست‌آمده در هر یک از سال‌ها جداگانه تحلیل شد. اثر متقابل سال و تیمار روی نسبت برابری زمین غلات و سویا معنی‌دار شد که گویای واکنش متفاوت به تیمارها در هر سال بوده است. در هر دو سال تأثیر نظام کشت و آرایش کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین جزء در هر دو محصول معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر متقابل نظام و آرایش کشت تنها در سال اول در سطح ۵درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). در بین نظام‌های کشت، LER ذرت بالاتر از ارزن بود و درحالی‌که LER علوفهٔ سویا در نظام کشت ارزن:سویا در هر دو سال به طور معنی‌داری بیشتر از ذرت:سویا بود (جدول ۷).



شکل ۴. عملکرد خشک علوفهٔ غلات در بوته در دو نظام کشت مخلوط در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

نظام‌های کاشت: (P:G) ارزن مرواریدی (چین اول): سویا و (Z:G) ذرت: سویا. هر یک از حرف‌های G و X به ترتیب بیانگر یک ردیف کاشت گیاه سویا و غلات در آرایش کاشت تیمار هستند. در تیمارهای افزایشی، اندیس نسبت تراکم گیاه مربوطه به تراکم کشت خالص را نشان می‌دهد. ستون‌های دارای همانندی در یکی از حرف‌های (a, b, …) بدون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد هستند.

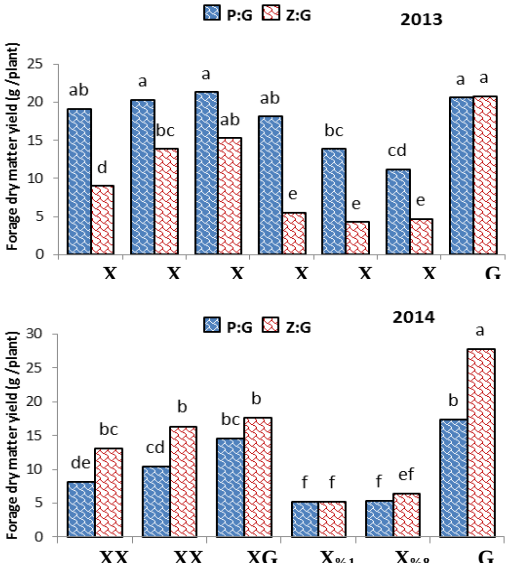
Figure 4. Forage dry matter yield of cereal crop per plant in two intercroppping systems, during 2013 and 2014. Intercropping systems: P:G pearl millet (first cut): soybean and Z:G maize: soybean. Each letter of G or X represents one row of soybean or cereal crop in treatment respectively. Subscripts in additive patterns show applied plant density in percentage of conventional. Bars with one common letters of (a, b, …) are not significantly different at 0.05 probability level.

جدول ۶. خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس نسبت برابری زمین در تولید علوفهٔ محصولات غلات و سویا در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و مجموع دو سال، (برای ارزن، داده‌های چین اول).

Table 6. Summary of ANOVA results of land equivalent ratio (LER) in forage production during growth seasons 2013, 2014 and 2 years, (for pearl millet, data of 1st cut).

			Cereal	soybean	Total
	Source of variances	df	MS	MS	MS
2013	R	3	0.0054^{ns}	0.0018^{ns}	0.0063^{ns}
	IS	1	0.2631**	0.4131**	0.0168^{ns}
	IP	5	0.2291**	0.2216**	0.0194^{ns}
	IS×IP	5	0.0238*	0.0018^{ns}	0.0161^{ns}
	E	33	0.0068	0.0046	0.0154
	C.V.		%10.97	%22.22	%11.74
2014	R	2	0.0005^{ns}	0.0007^{ns}	0.0011^{ns}
	IS	1	0.0985**	0.0150**	0.0366*
	IP	4	0.1156**	0.1307**	0.0135^{ns}
	IS×IP	4	0.0045^{ns}	0.0035^{ns}	0.0081^{ns}
	E	18	0.0066	0.0016	0.0062
	C.V.		%11.26	%15.83	%8.14
2 years	Y	1	0.0089^{ns}		
	R(Y)	5	0.0038		
	T	9	0.1543**		
	IS	1	0.3034**		
	IP	4	0.2524**		
	IS×IP	4	0.019^{ns}		
	Y×(T)	9	0.0136*		
	E	45	0.006		
	C.V.		%10.93		

df: Degrees of freedom, MS: Mean of Squares, R: replication, IS: intercropping system, IP: intercropping pattern, E: error, Y: year, T: treatment (combination of IS and IP levels). ns: Nonsignificant. * and **: Significant at probability level of 0.05 and 0.01 respectively.



شکل ۵. عملکرد خشک علوفهٔ سویا در بوته در دو نظام کشت مخلوط در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

نظام‌های کاشت: (P:G) ارزن مرواریدی (چین اول): سویا و (Z:G) ذرت: سویا. هر یک از حرف‌های G و X به ترتیب بیانگر یک ردیف کاشت گیاه سویا و غلات در آرایش کاشت تیمار هستند. در تیمارهای افزایشی، اندیس نسبت تراکم گیاه مربوطه به تراکم کشت خالص را نشان می‌دهد. هر یک از ستون‌های کشت خالص سویا بیانگر آن بخش از کرت‌های سویا هستند که در زمان برداشت علوفه در نظام کشت مربوطه، برداشت شده‌اند. ستون‌های دارای همانندی در یکی از حرف‌های (a, b, …) بدون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد هستند.

Figure 5. Forage dry matter yield of soybean per plant in two intercroppping systems, during 2013 and 2014. Intercropping systems: P:G pearl millet (first cut): soybean and Z:G maize: soybean. Each letter of G or X represents one row of soybean or cereal crop in treatment respectively. Subscripts in additive patterns show applied plant density in percentage of conventional. Two bars in soybean monocrop represent part of soybean plots harvested at time of forage harvesting of corresponding system. Bars with one common letters of (a, b, …) are not significantly different at 0.05 probability level.

جدول ۷. میانگین‌های نسبت برابری زمین در تولید علوفه در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، (برای ارزن، داده‌های چین اول).

Table 7. Means of land equivalent ratios (LER) in forage production in 2013 and 2014, (for pearl millet, data of 1st cut).

		2013			2014		
		Cereal	Soybean	Total	Cereal	Soybean	Total
IS	P:G	0.68	0.40	1.08	0.66	0.27	0.94
	Z:G	0.82	0.22	1.04	0.78	0.23	1.01
IP	XXG	0.75^{c}	0.23^{c}	0.98^{b}	0.83^{a}	0.16^{c}	0.98^{ab}
	XXGG	0.62^{d}	0.42^{b}	1.03^{ab}	0.66^{b}	0.30^{b}	0.96^{ab}
	XGG	0.50^{e}	0.59^{a}	1.09^{ab}	0.51^{c}	0.49^{a}	1.00^{a}
	$X_{\%100}G_{\%25}$	0.98^{a}	0.14^{d}	1.12^{a}	-	-	-
	$X_{\%100}G_{\%50}$	0.85^{b}	0.20^{cd}	1.05^{ab}	0.76^{a}	0.13^{c}	0.90^{b}
	$X_{\%83}G_{\%67}$	0.79^{bc}	0.27^{c}	1.06^{ab}	0.84^{a}	0.17^{c}	1.02^{a}
IS × IP combinations	PPG	0.74^{b}	0.31^{cd}	1.05^{ab}	0.80^{abc}	0.16^{de}	0.96^{abc}
	PPGG	0.55^{d}	0.50^{b}	1.05^{ab}	0.59^{de}	0.30^{c}	0.89^{bc}
	PGG	0.43^{e}	0.69^{a}	1.12^{a}	0.47^{e}	0.55^{a}	1.02^{ab}
	$P_{\%100}G_{\%25}$	0.93^{a}	0.22^{de}	1.15^{a}	-	-	-
	$P_{\%100}G_{\%50}$	0.78^{b}	0.31^{cd}	1.09^{ab}	0.68^{cd}	0.16^{de}	0.84^{c}
	$P_{\%83}G_{\%67}$	0.62^{cd}	0.38^{c}	1.00^{ab}	0.77^{bc}	0.19^{d}	0.97^{abc}
	ZZG	0.77^{b}	0.14^{ef}	0.91^{b}	0.85^{ab}	0.16^{de}	1.01^{ab}
	ZZGG	0.68^{bc}	0.34^{c}	1.02^{ab}	0.73^{bc}	0.30^{c}	1.03^{a}
	ZGG	0.58^{cd}	0.49^{b}	1.07^{ab}	0.54^{de}	0.43^{b}	0.97^{abc}
	$Z_{\%100}G_{\%25}$	1.03^{a}	0.07^{f}	1.09^{a}	-	-	-
	$Z_{\%100}G_{\%50}$	0.92^{a}	0.10^{f}	1.01^{ab}	0.85^{ab}	0.10^{e}	0.95^{abc}
	$Z_{\%83}G_{\%67}$	0.97^{a}	0.16^{ef}	1.13^{a}	0.92^{a}	0.16^{de}	1.07^{a}

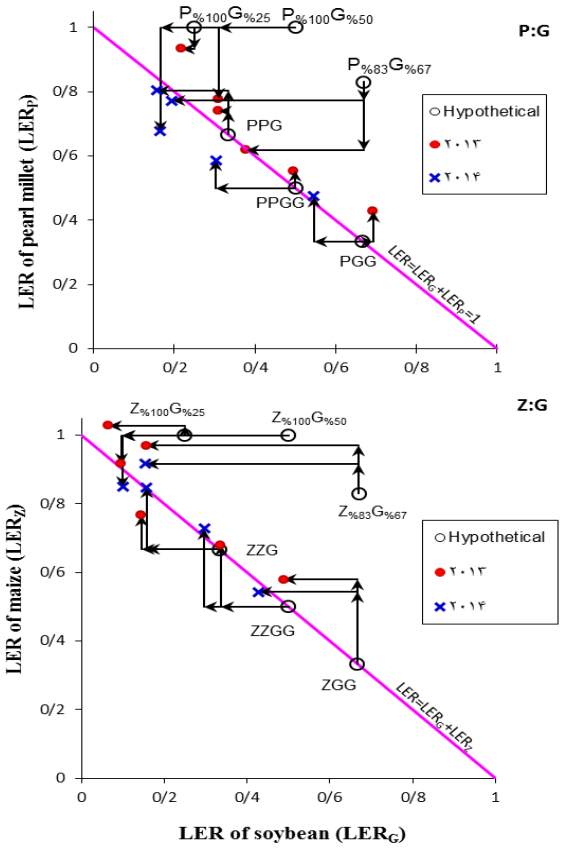
در هر یک از بخش‌های آرایش کشت و ترکیب‌های تیماری، در هر ستون میانگین‌های دارای همانندی در یکی از حرف‌های (a, b, …) بدون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد بر پایهٔ آزمون تی به روش کمترین میانگین مربعات هستند.

IS: intercropping systems, IP: intercropping patterns. Within each part of IP or IS×IP combinations, means with one common letters of (a, b, …) in a column, are not significantly different at 0.05 probability level by t-test using least square means.

در آرایش‌های کاشت تفاوت معنی‌دار بین نسبت برابری زمین هریک از اجزاء مخلوط، به‌طور عمده از سهم اولیهٔ گیاه در اشغال زمین پیروی داشت. میزان انحراف از سهم یادشدهٔ اثر تیمار بر LER گیاه را توضیح می‌دهد. ترسیم رابطهٔ اجزاء نسبت برابری زمین روی محورهای مختصات، راه مناسبی برای بررسی بهتر LER و تحلیل تأثیر تیمار است (Bedoussac & Justes 2011). در این نمودارها هرچه فاصله از خط LER=1 در سمت خارجی بیشتر باشد نشان‌دهندهٔ بالاتر بودن LER کل تیمار است (شکل ۶). جایگاه اولیهٔ آرایش کاشت روی این نمودارها برحسب سهم اشغال سطح زمین در هنگام کاشت برحسب کشت خالص تعیین می‌شود. در آرایش‌های افزایشی برای ترسیم نقاط اولیه دیدگاه‌ها متفاوت است، زیرا معیاری با تراکم معادل آنچه در آرایش افزایشی به‌کاررفته است، در کشت خالص یک محصول (در اینجا سویا در آرایش‌های $X_{\%100}G_{\%25}$ و $X_{\%100}G_{\%50}$) و یا هر دو محصول (در اینجا آرایش $X_{\%83}G_{\%67}$) وجود ندارد. آرایش‌های ۱۵۰درصد این آزمایش نسبت به یکدیگر درواقع نوعی آرایش جایگزینی هستند اما ازآنجاکه نسبت به کشت خالص موجود در این آزمایش سنجیده می‌شوند آرایش افزایشی به شمار می‌آیند (Snaydon,1991).

در شکل (شکل ۶) ملاحظه می‌شود در سال اول سویا به‌ویژه در آرایش‌های جایگزینی تغییرهای زیادی از جایگاه اولیه نشان نداد. ولی ارزن‌ها سود مختصری از همراهی با سویا داشته‌اند. درحالی‌که در سال دوم، ارزن غالبیت و رقابت قوی‌تری داشت، لذا LER سویا کاهش یافت. نسبت برابری زمین سویا همواره نسبت به ذرت واکنش کاهشی نشان داد، اما ذرت اغلب واکنش افزایشی نشان داد (جدول ۷). در مقایسهٔ دو آرایش کشت ۱۵۰درصد، واکنش LER ذرت به $Z_{\%100}G_{\%50}$ کاهشی بود که ناشی از تأثیر رقابتی اضافه شدن حضور گیاه سویا به تراکم معمول ذرت بوده است اما در $Z_{\%83}G_{\%67}$ با وجود افزایش تراکم سویا، به علت کاهش سهم ذرت از ۱۰۰درصد به ۸۳درصد، LER ذرت افزایشی شد و LER کل به بالاتر از یک رسید. تأثیر تیمارها در نسبت برابری زمین کل معنی‌دار نشد. در کشت مخلوط با خانوادهٔ لگوم، تثبیت زیستی (بیولوژیکی) نیتروژن نقشی عمده در این امر بر عهده دارد. بنابراین سودمندی کشت مخلوط در شرایط فراهمی نیتروژن کاهش می‌یابد (مانند Chen *et al.*, 2004; Pelzer *et al.*, 2012). این بررسی نیز بدون تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم انجام شد و چون در این منطقهٔ تثبیت زیستی برای سویا نامحتمل است تولید با اتکا به کاربرد کود نیتروژن انجام شد که این امر می‌تواند منجر به مقادیر LER نزدیک به یک شود. افزون بر موضوع احتمال نداشتن تثبیت نیتروژن، در خیلی موارد به‌ویژه در زراعت‌های کامل علوفه‌ای، رقم‌های بسیار بالا برای LER (بیشتر از ۱,۵ تا ۲,۲) مربوط به تفاوت در اجرا مانند تراکم بسیار کمتر (Dahmardeh *et al.*, 2009; Nakhzari Moghaddam *et al.*, 2009)، برداشت در مرحلهٔ جوان‌تر برای علوفهٔ سبز و تراکم بالا و تفاوت‌های رقم‌ها و گونه‌ها (Ibrahim *et al.*, 2014; Nandy *et al.*, 2013; Surve *et al.*, 2011) و روش‌های محاسباتی متفاوت و گاهی اوقات نادرست بوده و ارائه نشدن اطلاعات کافی نیز باعث نتیجه‌گیری نامناسب از بین منبع‌ها است.

چنانکه بیان شد، چین دوم ارزن در سال ۹۲ قابل استفاده در محاسبه‌های آماری نبود. عملکرد چین دوم در سال ۹۳ نیز رقم بالایی نبود، با این حال نتایج بررسی عملکرد علوفهٔ ذرت و مجموع دو چین ارزن در جدول (جدول ۸) ارائه شده است. با احتساب مجموع دو چین ارزن تغییرهای مختصری در نتایج نسبت به داده‌های چین اول به دست آمد که از جملهٔ آن‌ها ارتقاء LER ارزن مرواریدی و کل در برخی آرایش‌های کشت است (شکل ۷). ملاحظه می‌شود که در آرایش‌های جایگزینی این افزایش بیشتر بود به‌گونه‌ای که LER کل در آرایش‌های PPG و PGG به بالاتر از یک رسید.



شکل ۶. ترسیم نسبت برابری زمین ارزن مرواریدی (چین اول) و ذرت در مقابل نسبت برابری سویا، در سال‌های۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

نقاط فرضی بیانگر وضعیت فرضی عدم تأثیر از حضور دیگر بوته‌ها هستند. پیکان‌های افقی و عمودی تفاوت از مقدار فرضی تا مشاهده‌شده را به ترتیب در سویا و ارزن مرواریدی نشان می‌دهند.

Figure 6. Land equivalent ratio of first cut of pearl millet and maize plotted against that of soybean (LER_G) during 2013 and 2014.
Hypothetical points represent supposing no effect from other plants. Horizontal and vertical arrows show differences from hypothetical to real in soybean and pearl millet respectively.

جدول ۸. خلاصهٔ نتایج پس از به‌حساب آوردن داده‌های چین دوم ارزن مرواریدی در ۱۳۹۳

Table 8. Summary of results after taking "the pearl millet 2nd cut data" into account, in 2014

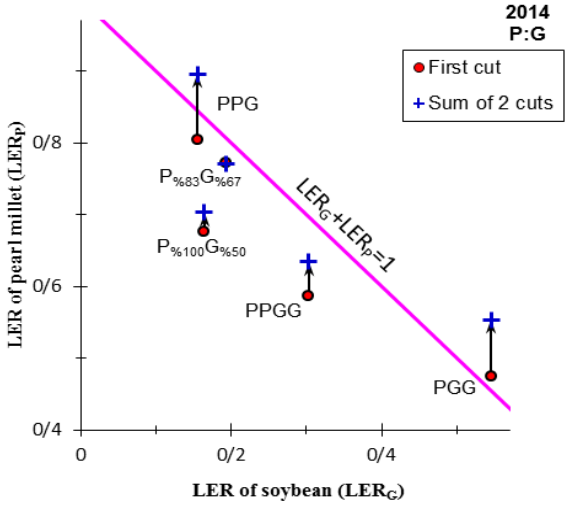
	Forage dry matter yield (Mg ha^{-1})		LER*		
	2nd cut	Sum of 2 cuts	pearl millet	Soybean	Total
P	0.852^{a}	10.017^{c}	-	-	-
PPG	1.489^{a}	8.972^{cd}	0.89^{ab}	0.16^{ae}	1.05^{abc}
PPGG	0.919^{a}	6.349^{ef}	0.63^{def}	0.30^{c}	0.94^{cd}
PGG	1.134^{a}	5.542^{f}	0.56^{ef}	0.55^{a}	1.10^{a}
$P_{\%100}G_{\%50}$	0.750^{a}	7.045^{e}	0.70^{de}	0.16^{de}	0.86^{d}
$P_{\%83}G_{\%67}$	0.488^{b}	7.725^{de}	0.76^{bcd}	0.19^{d}	0.96^{bcd}
Z	-	18.461^{a}	-	-	-
ZZG	-	15.741^{ab}	0.85^{abc}	0.16^{de}	1.01^{abc}
ZZGG	-	13.465^{b}	0.73^{cd}	0.30^{c}	1.03^{abc}
ZGG	-	10.015^{c}	0.54^{f}	0.43^{b}	0.97^{abcd}
$Z_{\%100}G_{\%50}$	-	15.730^{ab}	0.85^{abc}	0.10^{e}	0.95^{bcd}
$Z_{\%83}G_{\%67}$	-	16.955^{a}	0.92^{a}	0.16^{de}	1.07^{ab}

* LER data of maize and soybean are equal to the data of table (6).
Means with one common letters of (a, b, …) in a column, are not significantly different at 0.05 probability level by t-test using least square means.

نتیجه‌گیری کلی

ازآنجاکه گیاهان غلات چهار کربنه از گونه‌های پربازده در جذب منبع‌ها هستند به‌طورمعمول به ظرفیت و توان بالقوهٔ تولید تحت مدیریت و شرایط مزرعه نزدیک می‌شوند بنابراین اگر کشت مخلوط با گیاهان دیگر به تولید مادهٔ خشک اضافه کند

(مانند Ibrahim *et al.*, 2014)، معلوم می‌شود شرایط برای اینکه گیاه چهارکربنه به‌تنهایی بتواند بیشترین منبع‌ها را جذب کند فراهم نبوده است. در سال ۱۳۹۳ در هیچ‌یک از نظام‌ها و آرایش‌های کشت مخلوط، مجموع علوفهٔ تولیدی غلات و سویا (علوفهٔ مخلوط) بیشتر از علوفهٔ کشت خالص غلات نشد. اما در سال ۹۲ که عملکردها کمتر از سال ۹۳ بود (شرایط حاصلخیزی کمتر بود) برخی تیمارهای افزایشی ($Z_{\%100}G_{\%25}$ و $Z_{\%83}G_{\%67}$) ، اندکی برتری در علوفهٔ مخلوط بر کشت خالص داشتند. بیشتر تفاوت‌ها بین نسبت برابری زمین معنی‌دار نبود و رقم‌ها حول‌وحوش یک قرار داشتند. در بین ترکیب‌های نظام کشت و آرایش کاشت، بالاترین LER مشاهده‌شده در سال اول مربوط به $P_{\%100}G_{\%25}$ به میزان ۱٫۱۵ بود. در سال دوم $Z_{\%83}G_{\%67}$ به میزان ۱٫۰۷ بالاترین بود. درمجموع نتایج به‌دست‌آمده، آرایش‌های افزایشی غلات ۱۰۰درصد: سویا ۲۵درصد ($X_{\%100}G_{\%25}$) و غلات ۸۳درصد: سویا ۶۷درصد ($X_{\%83}G_{\%67}$)، گرایش بیشتری به افزایش نسبت برابری زمین نشان دادند. درمجموع دو چین ارزن نیز آرایش‌های PGG و PPG به ترتیب به میزان ۱٫۱۰ و ۱٫۰۵ رتبه‌های برتر بودند.



شکل ۷. ترسیم نسبت برابری زمین ارزن (چین اول و مجموع دو چین) در مقابل نسبت برابری سویا در سال ۱۳۹۳.
Figure 7. LER of pearl millet (first cut and sum of 2cuts) plotted against LER of soybean during 2014.

ارزن مرواریدی به‌عنوان کشت دوم پس از غلات، در این منطقه برتری نسبت به ذرت نشان نداد، زیرا فرصت کافی برای رشد مناسب چین دوم در این منطقه وجود نداشت. هرچند با تسریع در چین اول، امکان رشد بهتر در چین دوم فراهم می‌شود اما در این صورت از مقدار چین اول کاسته خواهد شد. با وجود برتری عملکرد علوفهٔ ذرت بر ارزن مرواریدی، مقایسهٔ کشت خالص هر یک از غلات مورد استفاده در این تحقیق با کشت مخلوط آن، سودمند خواهد بود. کشت مخلوط با سویا با وجود نسبت برابری زمین نزدیک به یک و یا بالاتر، گزینه‌های متنوعی در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد که با برگزیدن آرایش کشت مخلوط متناسب، افزون بر تأمین علوفهٔ مورد نیاز از نظر کیفیت و کمیت، از مزایای کشت مخلوط در جهت نیل به کشاورزی پایدار بهره‌مند شوند.

REFERENCES

1. Anil, L., Park, J., Phipps, R. & Miller, F. (1998). Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*, 53(4), 301-317.

2. Azim, A., Khan, A., Nadeem, M. & Muhammad, D. (2000). Influence of maize and cowpea intercropping on fodder production and characteristics of silage. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(6), 781-784.
3. Bedoussac, L., & Justes, E. (2011). A comparison of commonly used indices for evaluating species interactions and intercrop efficiency: Application to durum wheat–winter pea intercrops. *Field Crops Research*, 124(1), 25-36.
4. Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wichman, D. & Knox, M. (2004). Row configuration and nitrogen application for barley–pea intercropping in Montana. *Agronomy Journal*, 96(6), 1730-1738.
5. Erdal, S., Pamukcu, M., Curek, M., Kocaturk, M., & Dogu, O. Y. (2016). Silage yield and quality of row intercropped maize and soybean in a crop rotation following winter wheat. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(11), 1487-1495.
6. Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syasar, B. & Ramroudi, M. (2009). Effect of intercropping maize (*Zea mays* L.) with cow pea (*Vigna unguiculata* L.) on green forage yield and quality evaluation. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(3), 235.
7. Gomez, K. A. & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley & Sons.
8. Herbert, S., Putnam, D., Poos-Floyd, M., Vargas, A. & Creighton, J. (1984). Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. *Agronomy journal*, 76(4), 507-510.
9. Hosseinmardi, M., Hosseini, S. M. B. & Jahansooz, M. R. (2017). Study the effect of intercropping maize and pearl millet on fodder yield quantity and quality. *Iranian Journal of Filed Crop Science*, 48(2), 329-338. (In Farsi).
10. Hosseini, S. M. B. (2004). *Eco-physiology of intercropping pearl millet and cowpea*. Ph. D. thesis, Faculty of agricultural sciences and engineering, University of Tehran, Iran. (In Farsi).
11. Ibrahim, M., Ayub, M., Maqbool, M. M., Nadeem, S. M., ul Haq, T., Hussain, S. & Lauriault, L. M. (2014). Forage yield components of irrigated maize–legume mixtures at varied seed ratios. *Field Crops Research*, 169, 140-144.
12. Javanmard, A., Nasab, A. D. M., Javanshir, A., Moghaddam, M., & Janmohammade, H. (2012). Effects of maize intercropping with legumes on forage yield and quality. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(3), 137-149. (In Farsi).
13. Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A. & Vlachostergios, D. (2011). Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 396-410.
14. Maasdorp, B. & Titterton, M. (1997). Nutritional improvement of maize silage for dairying: mixed-crop silages from sole and intercropped legumes and a long-season variety of maize. 1. Biomass yield and nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*, 69(1-3), 241-261.
15. Martin, R. C., Voldeng, H. D. & Smith, D. L. (1990). Intercropping corn and soybean for silage in a cool-temperature region: yield, protein and economic effects. *Field Crops Research*, 23(3-4), 295-310.
16. Nakhzari Moghaddam, A., Chaichi, M. R., Mazaheri, D., Rahimian Mshhadi, H., Majnounhoseini, N. & Nourinia, A. (2009). The effect of corn and mungbean intercropping on land equivalent ratio and some forage quality parameters. *Journal of Agricultural Science*, 3-151.
17. Nandy, S. K., Mandal, B. K. & Khan, D. K. (2013). Effect of sowing date and NPK on the forage yield and quality in the crop combination of maize and cowpea in newer alluvial zone of west Bengal, India. *Journal of Agronomy*, 12(1), 64.
18. Pelzer, E., Bazot, M., Makowski, D., Corre-Hellou, G., Naudin, C., Al Rifaï, M., Baranger, E., Bedoussac, L., Biarnès, V. & Boucheny, P. (2012). Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 40, 39-53.
19. Sengul, S. (2003). Performance of some forage grasses or legumes and their mixtures under dry land conditions. *European Journal of Agronomy*, 19(3), 401-409.
20. Snaydon, R. W. (1991). Replacement or additive designs for competition studies?. *Journal of Applied Ecology*, 930-946.
21. Stoltz, E., & Nadeau, E. (2014). Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 169, 21-29.
22. Surve, V., Patil, P. & Arvadia, M. (2011). Forage production potential of sorghum (Sorghum bicolor), maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) under sole and intercropping systems. *Madras Agricultural Journal*, 98(4), 372-374.