

## اثر تراکم بوته بر شاخص‌های رشدی ارقام ذرت شیرین ( *Zea mays* var. *Saccharata*) در شرایط اقلیمی مشهد<sup>۱</sup>

### Effect of plant density on growth indices of sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*) cultivars under Mashhad climatic conditions

ابوالفضل میرشکاری احمدی<sup>۱</sup>، سرور خرم دل<sup>۲\*</sup> و علیرضا کوچکی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

\*نویسنده مسئول: khorramdel@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۵

#### چکیده

به منظور ارزیابی شاخص‌های رشدی ارقام ذرت شیرین تحت تأثیر تراکم بوته، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. سه تراکم بوته (۵/۲، ۶/۵ و ۷/۵ بوته در متر مربع) و چهار رقم (مریت، پاشن، بیسین و چیس) فاکتور-های آزمایش بودند. شاخص‌های رشدی مورد مطالعه شامل شاخص سطح برگ (LAI)، تجمع ماده خشک (DM)، سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) ارقام ذرت شیرین بودند. نتایج نشان داد که اثر رقم بر شاخص سطح برگ بیشینه و تجمع ماده خشک ذرت شیرین معنی‌دار بود. بیشترین تجمع ماده خشک برای رقم مریت در تراکم ۶/۵ بوته در مربع با ۱۴۰۶/۷ گرم در متر مربع به دست آمد. بیشترین میزان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک برای رقم مریت مشاهده شد. بیشینه CGR در ۵۰ روز پس از کاشت برای رقم پاشن با ۴۶/۵ گرم در متر مربع در روز به دست آمد. همچنین بیشترین CGR در ۵۰ روز پس از کاشت مربوط به تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با ۴۸/۱۴ گرم در متر مربع در روز بود. در ابتدای فصل رشد، بیشترین سرعت رشد نسبی برای تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع با ۰/۲۲ گرم بر گرم در روز محاسبه شد. به طور کلی، رقم مریت ظرفیت تولید بیشتری تحت تأثیر تراکم بوته در شرایط اقلیمی مشهد دارد.

**واژه‌های کلیدی:** تراکم، ذرت شیرین، رقم، شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک

۱- مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشجو (طرح شماره ۲/۳۱۹۳۹ مصوب ۱۳۹۳/۰۴/۰۸ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد) می‌باشد.

بین گونه‌ای در کمترین مقدار باشند (Koocheki *et al.*, 2003; Nadjafi *et al.*, 2009). نتایج مطالعات تأیید کننده تأثیر بسزای تراکم بر رشد و میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف می‌باشد. ایجاد پوشش گیاهی بهینه بر سطح خاک مؤثر مستلزم آن است که در تراکم بوته دقت لازم صورت پذیرد. رقابت برای جذب نور مهمترین عامل افت عملکرد در اثر پراکنش نامتعادل بوته قلمداد شده است (Soofeiyan, 1998).

رقم یکی از عوامل زراعی است که از طریق پتانسیل ژنتیکی، عملکرد را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد (Dayal *et al.*, 2016). ویلیامز (Williams, 2016) بیان داشت که ارقام ذرت شیرین به دلیلی پتانسیل مختلف ژنتیکی، دارای حد متفاوتی از تحمل نسبت به تراکم بوته می‌باشند. اوکتم و همکاران (Oktem *et al.*, 2004) گزارش نمودند که واکنش رقم ذرت نسبت به تراکم بوته متفاوت است.

ذرت شیرین (*Zea mays* var. *Saccharata*) یک گیاه تغییر یافته ژنتیکی از ذرت معمولی است که با انجام جهش در کروموزوم شماره ۴ به‌وجود آمده است. این جهش باعث تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم می‌شود (Arshi, 2000). از دیدگاه تغذیه انسان، این گیاه به‌شکل تازه‌خوری مورد مصرف قرار می‌گیرد (Hashemi *et al.*, 2002). دوره رشد این گیاه کوتاه و برداشت آن در مرحله‌ای که علوفه سبز است، انجام می‌شود. این شرایط گیاه را برای کشت در تناوب و تأمین علوفه گیاهی مناسب گردانیده است (Oktem, 2005). پتانسیل تولید این گیاه با توجه به شرایط مختلف آب و هوایی و تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام متفاوت بوده و از دامنه وسیعی بین ۲۵-۴ تن بلال در هکتار متغیر است (Shi, 1998).

میرشکاری و همکاران (Mirshकारी *et al.*, 2015) با بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد ارقام ذرت شیرین در شرایط آب و هوایی مشهد گزارش نمودند که با افزایش تراکم بوته عملکرد تر بلال و عملکرد دانه افزایش و سپس به‌دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه مربوط به تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع (۵۹۱/۳ گرم در متر مربع) بود. نتایج این مطالعه

بررسی شاخص‌های رشدی در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Awan *et al.*, 2015). متغیرهایی که برای تعیین اجزای رشد محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرند، تحت عنوان شاخص‌های رشدی معرفی می‌شوند. اهمیت این شاخص‌ها توسط بلاکمن مورد تأیید قرار گرفته است (Gardner *et al.*, 2013). از آنجا که رشد گیاهان متأثر از پتانسیل ژنتیکی و اثرات رقابتی آن‌ها است، لذا از شاخص‌های رشد می‌توان در شناسایی تفاوت ژنتیکی ارقام، معرفی رقم برتر، منبع مورد رقابت، زمان آغاز رقابت و پیش‌بینی اثرات رقابتی استفاده کرد (Akey *et al.*, 1990).

مقایسه شاخص‌های رشدی برای طراحی ارقام ایده‌آل گیاهان و مدل‌های تداخل علف‌های هرز و گیاه زراعی اهمیت ویژه‌ای دارد. این اطلاعات برای برآورد میزان افزایش عملکرد ارقام در مقایسه با یکدیگر به‌طور ویژه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و به پژوهشگران به‌نژادی گیاهی کمک می‌کند تا ارقام با پتانسیل بالاتر را برگزینند (Singer & Daniel, 1985). روش اصلی که برای تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشدی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تابعی با استفاده از روش رگرسیون غیرخطی است که در آن وزن خشک و یا سطح برگ با زمان بر اساس معادله تعیین می‌گردد (Goldberg & Werner, 2000). نتایج آزمایش تولنار و دویر (Tollennar & Dwyer, 1999) مؤید آن است که تجمع ماده خشک در ذرت به کل تابش ورودی و پراکنش آن، شاخص سطح برگ، خصوصیات ژنتیکی و رقم، ساختار پوشش گیاهی و سرعت فتوسنتز برگ بستگی دارد.

تعیین تراکم بوته یکی از اولویت‌های مهم پژوهشی در کاشت یک محصول در هر منطقه می‌باشد. تراکم بوته یکی از عوامل مهم در تعیین عملکرد گیاهان محسوب می‌شود، تراکم کاشت نه تنها تعیین‌کننده رقابت جهت دستیابی به نور و مواد غذایی است، بلکه تخصیص و تسهیم ماده خشک بین اندام‌های گیاهی را نیز کنترل می‌کند (Anis *et al.*, 2001). به‌بیان دیگر، تراکم بهینه کاشت در گیاهان زراعی، تراکمی است که در آن عوامل محیطی با کارایی بالایی مورد استفاده قرار گیرند و در عین حال، رقابت درون گونه‌ای و

زراعی مرسوم منطقه، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات تریپل قبل از کاشت با خاک مخلوط شد. همچنین ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (از منبع اوره)، طی سه نوبت همزمان با کاشت، در مرحله‌های ۲-۳ برگی و ظهور گل آذین نر به صورت سرک همزمان با آبیاری به خاک اضافه شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهچه‌ها، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به شیوه نشتی با فاصله هر هفت روز یکبار تا پایان فصل رشد انجام شد. برای رسیدن به تراکم مورد نظر، عملیات تنک در مرحله ۴-۶ برگی انجام شد. وجین دستی علف‌های هرز در دو مرحله ۳ و ۵ برگی ذرت شیرین به صورت دستی انجام گرفت. بوته‌ها در نیمه مهرماه در مرحله رسیدگی کامل برداشت شدند.

اولین نمونه برداری ۲۷ روز پس از کاشت و در تاریخ ۵ مرداد ماه ۱۳۹۳ و نمونه برداری‌های بعدی به فاصله هر ۱۴ روز یکبار تا پایان فصل رشد (پنج نوبت) جهت اندازه‌گیری سطح برگ انجام شد. سپس بوته‌ها به قطعات کوچک‌تر تبدیل شده و در آون (جهت تعیین میزان تجمع ماده خشک) با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و پس از خشک شدن با ترازوی با دقت یک صدم توزین شدند.

شاخص‌های رشدی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند عبارتند بودند از: شاخص سطح برگ (LAI)<sup>۱</sup>، میزان تجمع ماده خشک (DM)<sup>۲</sup>، سرعت رشد محصول (CGR)<sup>۳</sup> و سرعت رشد نسبی (RGR)<sup>۴</sup>. برای تعیین مدل ریاضی مناسب و برازش تغییرات وزن خشک و شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت، از بین معادلات غیرخطی آزمون شده، مدل لجستیک (معادله ۱) به دلیل برخورداری از بهترین ضریب تبیین ( $R^2$ )، برای پیش‌بینی تغییرات وزن خشک کل گیاه (TDM) و شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به روزهای بعد از کاشت، از معادله (۱) مورد استفاده قرار گرفت:

همچنین نشان داد که بالاترین عملکرد در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع و رقم پاشن با ۶۹۰/۸ گرم در متر مربع بدست آمد.

از آنجا که تعیین تراکم بوته به منظور بهره‌گیری از پتانسیل ژنتیکی رقم در راستای افزایش عملکرد امری ضروری است و با توجه به اهمیت شاخص‌های رشدی در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد (Goldberg & Werner, 2000)، این مطالعه با هدف بررسی اثر تراکم بوته بر شاخص‌های رشدی ارقام ذرت شیرین در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۵۸ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل سه تراکم ۵/۲، ۶/۵ و ۷/۵ بوته در متر مربع (به ترتیب برابر با ۵۲۰۰۰، ۶۵۰۰۰ و ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار) و عامل دوم شامل دو وارسته هیبرید مریت<sup>۱</sup> و چیس<sup>۲</sup> ذرت شیرین و دو وارسته بیسین<sup>۳</sup> و پاشن<sup>۴</sup> ذرت فوق شیرین به عنوان فاکتورهای آزمایش مدنظر قرار گرفتند. لازم به ذکر است بذرها از شرکت کشت و صنعت یکان بذر تهیه شدند. شناسنامه ارقام مورد مطالعه در جدول ۱ ذکر شده است.

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین شامل دو نوبت شخم عمود بر هم و دیسک، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر مربع تهیه شد. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب ۵۰ سانتی‌متر و ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بذرها به صورت دستی بر روی چهار ردیف، با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر (به ترتیب با فاصله روی ردیف ۲۶، ۲۱ و ۱۸ سانتی‌متر برای تراکم‌های ۵/۲، ۶/۵ و ۷/۵ بوته در متر مربع) در عمق ۱۰ سانتی‌متری در اوایل تیر ماه کاشته شدند. طبق سیستم

- 1- Leaf area index
- 2- Dry matter
- 3- Crop growth rate
- 4- Relative growth rate

- 1- Merit
- 2- Chase
- 3- Basin
- 4- Passion

(CGR) که از مشتق اول معادله برازش‌شده به داده‌های خشک (معادله ۲) و سرعت رشد محصول (RGR) که از مشتق دوم معادله برازش‌شده به ماده خشک (معادله ۳) بدست آمد.

$$\text{LAI} = \text{TDM} = \frac{a}{(1 + b \times \exp(-c \times t))} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله،  $a$ : بیشینه ماده خشک یا شاخص سطح برگ،  $b$ : ضریب ثابت معادله و  $c$ : میانگین سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد می‌باشد. سپس سرعت رشد محصول

$$\text{CGR} = \frac{dy}{dt} = \frac{a \times b \times c \times \exp(-c \times t)}{((1 + b \times \exp(-c \times t))^2)} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$\text{RGR} = \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{b \times c \times \exp(-c \times t)}{(1 + b \times \exp(-c \times t))} = \frac{\text{CGR}}{\text{TDW}} \quad \text{معادله (۳)}$$

شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. به‌منظور برازش داده‌ها در خصوص شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد از نرم‌افزار Slide write استفاده شد.

که در این معادلات،  $a$ ،  $b$  و  $c$ : ضرایب تعریف شده در معادله (۱) می‌باشد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.11 تجزیه

جدول ۱- مشخصات ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین

Table 1- Characteristics of sweet corn and super sweet corn cultivars

رقم Cultivar	طول بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	ارتفاع اولین بلال (سانتی متر) Height of the first ear (cm)	تعداد بلال در بوته Ear number per plant	طول بلال (سانتی متر) Ear length (cm)	قطر بلال (سانتی متر) Ear diameter (cm)	رنگ Color	تعداد ردیف در بلال Row number per ear	تعداد روز تا رسیدگی Days number to maturity
مریت Merit	188	41	1.1	22.5	4.8	Yellow	18-22	72
پاشن Passion	164	47	1.5	20	5.5	Yellow	16	92
بیسین Basin	186	55	1.6	24	5.1	Yellow	16	91
چیس Chase	157	37	1	24	4.8	Yellow	16	70

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) ذرت شیرین در طی دوره رشد گیاه، برای ارقام مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است.

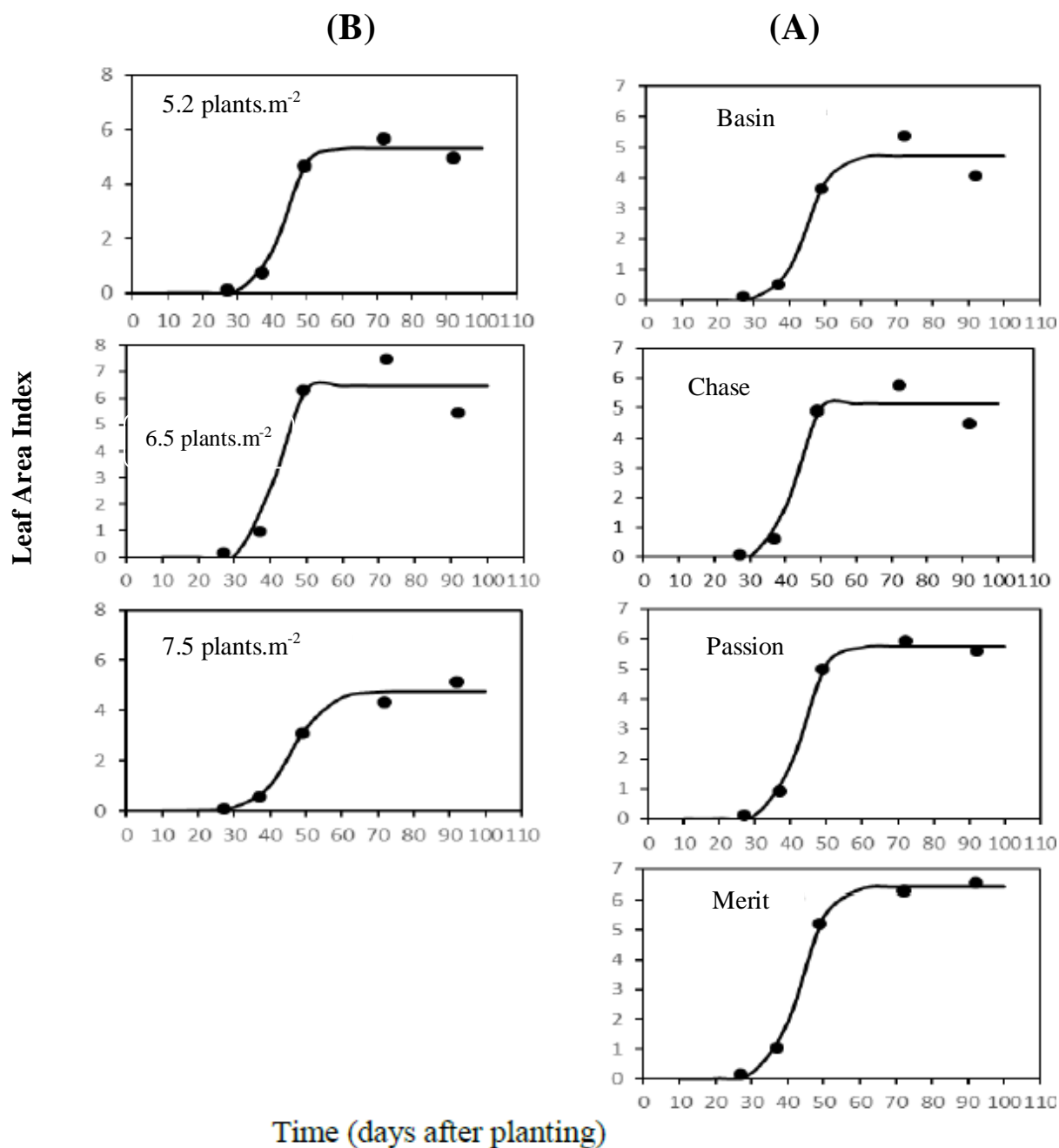
اثر رقم بر شاخص سطح برگ بیشینه ذرت شیرین (در ۷۲ روز پس از کاشت) معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که در این زمان بیشترین و کمترین میزان به ترتیب برای ارقام مریت با ۶/۵ و بیسین با ۴/۱ مشاهده شد (شکل ۱). برهمکنش رقم و تراکم بوته بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). به طوری که رقم پاشن در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع با ۷/۴۶ بیشترین و رقم بیسین در تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با ۳/۵۸ کمترین شاخص سطح برگ را تولید کردند (جدول ۳). به دلیل استقرار نیافتن کامل بوته‌ها تا حدود ۲۷ روز پس از کاشت تمام تیمارها از سطح برگ نسبتاً پایینی برخوردار بودند و بعد از آن در ارقام مختلف ذرت شیرین به جز مریت شاخص سطح برگ تا ۷۲ روز پس از کاشت روند افزایشی نشان داد و پس از آن به دلیل زرد شدن برگ‌ها و تا حدودی ریزش آنها شاخص سطح برگ کاهش یافت. زمان به بیشینه رسیدن شاخص سطح برگ برای ارقام مختلف به جز مریت در طول فصل رشد نسبتاً یکسان بود.

شاخص سطح برگ کلیه ارقام ذرت شیرین از ۷۲ روز پس از کاشت به صورت کاهشی و برای مریت به شیوه افزایشی با روند نسبتاً کند تا پایان فصل رشد ادامه یافت. در مقایسه تراکم‌های مختلف بیشترین شاخص سطح برگ با ۵/۴۴ مربوط به تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع بود و کمترین میزان با ۵ برای تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع مشاهده شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد که تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع به دلیل تراکم ایجاد پوشش مطلوب‌تر بر سطح خاک و نفوذ نور کافی (Moaveni et al., 2011) و همچنین رقابت کمتر بر سر جذب عناصر غذایی (Al-Ramamneh, 2009) باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. صابری و همکاران (Saberli et al., 2007) گزارش کردند که شاخص سطح برگ ذرت در مرحله ابریشم‌دهی به بیشینه مقدار خود می‌رسد و پس از آن به دلیل ریزش برگ‌ها، روند نزولی پیدا

می‌کند. خدائیان و زاهدی (Khodaeian & Zahedi, 2013) بیان کردند که افزایش شاخص سطح برگ همراه با افزایش تراکم بوته نشان می‌دهد که تعداد بوته بیشتر در واحد سطح، کاهش سطح برگ تک‌بوته را جبران می‌کند. نتایج ویلیامز و همکاران (Williams et al., 1985) نشان داد که با افزایش تراکم بوته از ۲۷۰۰ به ۱۲۵۰۰۰ بوته در ایگر شاخص سطح برگ به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای و افزایش سطح جذب‌کننده نور بهبود یافت.

### میزان تجمع ماده خشک (برگ و ساقه)

روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک ذرت شیرین در طول فصل رشد تحت تأثیر رقم و تراکم بوته در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان تجمع ماده خشک در شرایطی به دست آمد که شاخص سطح برگ بالاتر بود (شکل ۱). روند افزایش ماده خشک ارقام ذرت شیرین تحت تأثیر تراکم بوته به صورت سیگموئیدی بود. در اوایل دوره رشد، مقدار و سرعت تجمع ماده خشک نسبتاً کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش شاخص سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافت و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت و بعد از آن به دلایلی همچون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی، ریزش برگ‌های پایینی، انتقال مجدد<sup>۱</sup> کربوهیدرات‌های ذخیره شده، افزایش بافت‌های ساختمانی غیرفتوسنتزی گیاه و افزایش تنفس گیاه شیب تجمع ماده خشک کم و سپس تقریباً ثابت شد. بر این اساس، روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک برگ و ساقه ارقام ذرت شیرین در تراکم‌های مختلف از ۱۰ روز پس از کاشت به طور تدریجی شروع و بعد از گذشت ۱۵-۷ روز وارد مرحله رشد خطی شد و سپس به طور ثابت ادامه یافت.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (الف) ارقام و (ب) تراکم‌های مختلف ذرت شیرین در روزهای پس از کاشت  
 Figure 1- Trend of leaf area index for different cultivars (A) and plat densities (B) of sweet corn in days after planting time

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تراکم بوته بر بیشینه شاخص های رشد ارقام ذرت شیرین

Table 2- Analysis of variance for the effect of plant density on growth indices max of sweet corn cultivars

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Squares of mean	
		تجمع ماده خشک بیشینه (برگ و ساقه) Dry matter accumulation max (leaf and stem)	شاخص سطح برگ بیشینه Leaf area index max
تکرار Replication	2	15580 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>
رقم (A) Cultivar (A)	3	123024*	11.02**
تراکم بوته (B) Plant density (B)	2	1990 <sup>ns</sup>	0.7 <sup>ns</sup>
A×B	6	122176*	1.55**
خطا Error	22	32477	.30
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		15	10.68

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد  
ns, \* and \*\* are non significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

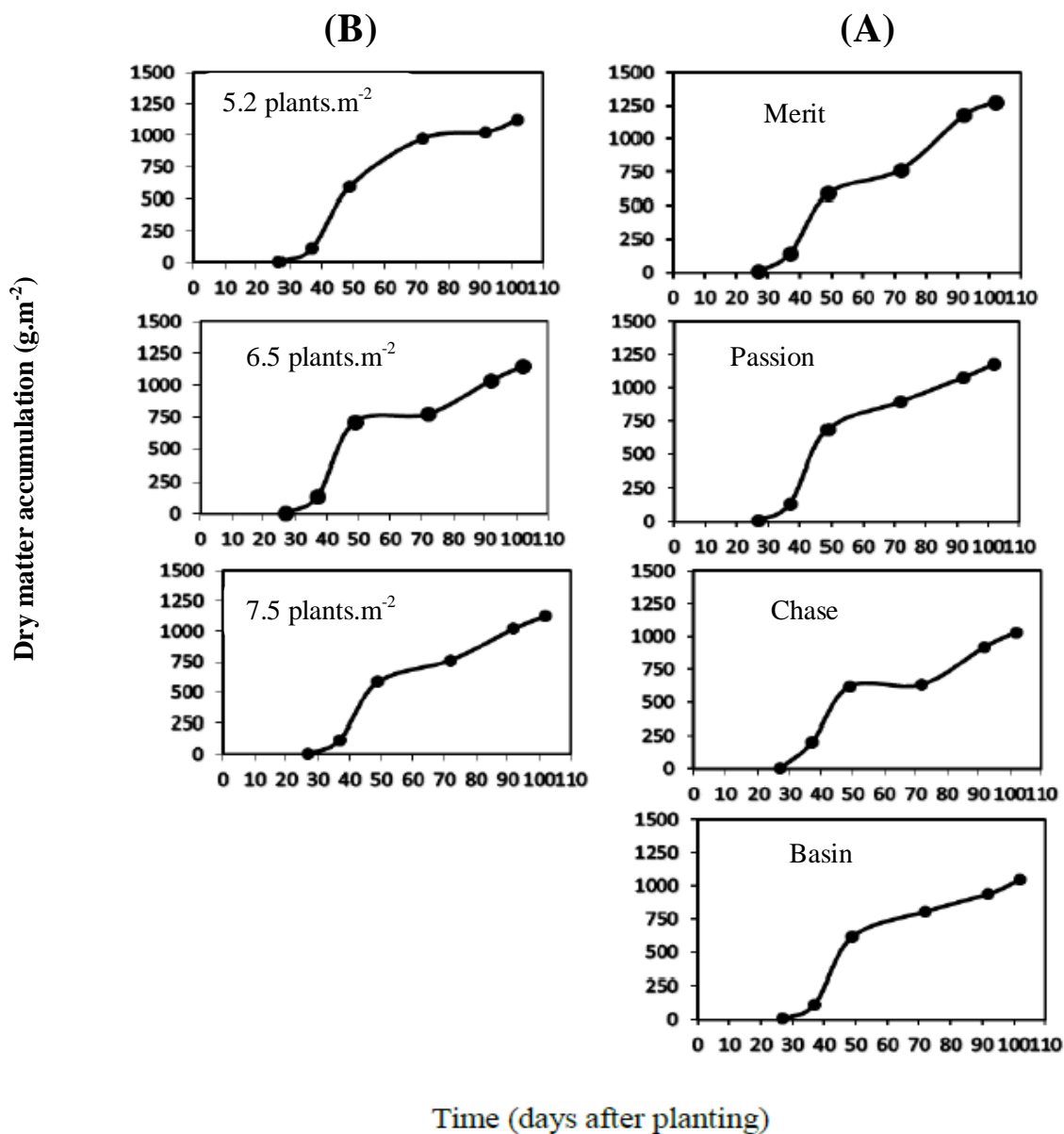
جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش رقم و تراکم بر شاخص های رشدی ذرت شیرین

Table 3- Mean comparisons for the interaction between cultivar and plant density on growth indices of sweet corn

رقم Cultivar	تراکم (بوته در متر مربع) Density (plant.m <sup>-2</sup> )	تجمع ماده خشک برگ و ساقه (گرم در متر مربع) Dry matter accumulation max for leaf and stem (g.m <sup>-2</sup> )	شاخص سطح برگ بیشینه Leaf area index max
پاشن Passion	5.2	1224.3ab	6.86ab
	6.5	975.6ab	7.46a
	7.5	1335.8ab	5.3b-e
مریت Merit	5.2	1232ab	5.18b-e
	6.5	1406.7a	5.43bcd
	7.5	1232ab	6.14abc
چیس Chase	5.2	1055.8ab	4.34de
	6.5	898.2ab	4.37cde
	7.5	1145.1ab	4.85cde
بیسین Basin	5.2	990.2ab	4.15de
	6.5	1315.1ab	4.5cde
	7.5	831.9b	3.58e

\* میانگین های دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی داری بر اساس آزمون دانکن دارند (p≤0.05).  
\* Means with the different letter(s) have significantly difference based on Duncan test (p≤0.05).





شکل ۲- روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک (الف) ارقام و (ب) تراکم‌های مختلف ذرت شیرین در روزهای پس از کاشت  
 Figure 2- Trend of dry matter accumulation for different cultivars (A) and plat densities (B) of sweet corn in days after planting time

رشدی به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر رقابت می‌باشد، زیرا پدیده رقابت روی سطح برگ و ماده خشک گیاه شدیداً تأثیر می‌گذارد (Asghari *et al.*, 2006). آندراده و همکاران (Andrade *et al.*, 2002) نیز گزارش کردند که اعمال فواصل ردیف باریک در بین بوته‌ها سبب توزیع متعادل بوته-ها، ایجاد الگوی کاشت مناسب، بهبود جذب مواد غذایی از خاک، کاهش رقابت علف‌های هرز، افزایش نور و افزایش، عملکرد می‌گردد. نتایج کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2009) نشان داد که تجمع ماده خشک بلال با گذشت زمان، با شیب مثبت و بسیار تند تا محدوده زمانی خاص (۱۲۵۰ درجه روز رشد)، افزایش پیدا کرد و سپس کمی افت کرد و با نزدیک شدن به زمان برداشت کاهش یافت.

### سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول (CGR) نشان‌دهنده میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح و در واحد زمان است که بر حسب گرم بر متر مربع در روز بیان می‌شود و نشان‌دهنده افزایش وزن اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان می‌باشد که به‌طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان به کار گرفته می‌شود (Gardner *et al.*, 2013). تغییرات CGR ذرت شیرین تحت تأثیر رقم و تراکم در طول فصل رشد در شکل ۳ نشان داده شده است.

سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. در ابتدای فصل رشد به دلایلی همچون کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب تابش، کوتاه بودن روزها و دمای پایین هوا، سرعت رشد محصول نیز پایین بوده و پس از مدتی به دلیل توسعه سطح برگ گیاه و افزایش رشد ریشه‌ها و در نتیجه امکان فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول شدت یافت و در اواسط دوره رشد به بیشینه میزان خود رسید. پس از این مرحله سرعت رشد محصول دچار کاهش شدیدی گردید و این روند تا پایان دوره رشدی گیاه نیز ادامه یافت. روند حاضر به دلیل افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع خورشیدی، همزمان با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل فصل رشد و نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد و با گذشت زمان، پس از رسیدن به

بیشترین وزن خشک برگ و ساقه ذرت شیرین در مقایسه ارقام مختلف در ۱۰۲ روز پس از کاشت برای مریت با ۱۲۷۹ گرم در متر مربع مشاهده شد (شکل ۲) که از این نظر با ارقام پاشن و بیسن تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲) که این نتیجه با نتایج سرلک و همکاران (Sarlak *et al.*, 2008) همخوانی داشت، ایشان بیان کردند که میزان ماده خشک ذرت شیرین تحت تأثیر تراکم بوته قرار نگرفت. برهمکنش رقم و تراکم بوته بر میزان ماده خشک بیشینه معنی‌دار بود (جدول ۲).

در تیمارهای مختلف رقم مریت در تراکم ۶/۵ بوته در مربع با ۱۴۰۶/۷ گرم در متر مربع بیشترین و رقم بیسن و تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با ۸۳۱/۹ گرم در متر مربع کمترین میزان ماده خشک را تولید کردند (جدول ۳). افزایش تراکم بوته، میزان تجمع ماده خشک گیاهی را در واحد سطح افزایش داد که دلیل این امر مربوط به روند افزایش خطی شاخص سطح برگ و در نتیجه جذب تشعشع خورشیدی بیشتر و افزایش سرعت رشد محصول است (Purcell *et al.*, 2002).

تعادل بین اندام‌های رویشی و زایشی تشکیل‌دهنده عملکرد امری ضروری است (Tharp & Kells, 2001). مطالعات نشان داده‌اند که عملکرد کل ماده خشک تولیدی با تراکم بوته رابطه‌ای تنگاتنگ دارد (Tharp & Kells, 2001). مقدار کل ماده خشک تولیدی با افزایش تراکم افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در تیمارهای مختلف تراکم بوته، بیشترین میزان ماده خشک از تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع با تولید ۱۱۴۹ گرم در متر مربع و کمترین میزان ماده خشک از تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با تولید ۱۱۲۵ گرم در متر مربع بدست آمد (شکل ۲)، ولی تفاوت معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف مشاهده نشد (جدول ۳). چنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم به علت افزایش تعداد بوته‌ها در واحد سطح شرایط بهینه‌ای را برای حصول پوشش گیاهی مطلوب و بالتبع آن جذب نور بیشتر و دستیابی به بیشینه کارایی فتوسنتز فراهم آورده است.

تجمع ماده خشک شاخصی از میزان تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه و توان جذب عناصر توسط آن محسوب می‌شود (Aroiee & Omidbaigi, 2004)، شاخص‌های

رشد محصول به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات استفاده می شود (Gardner *et al.*, 2013).

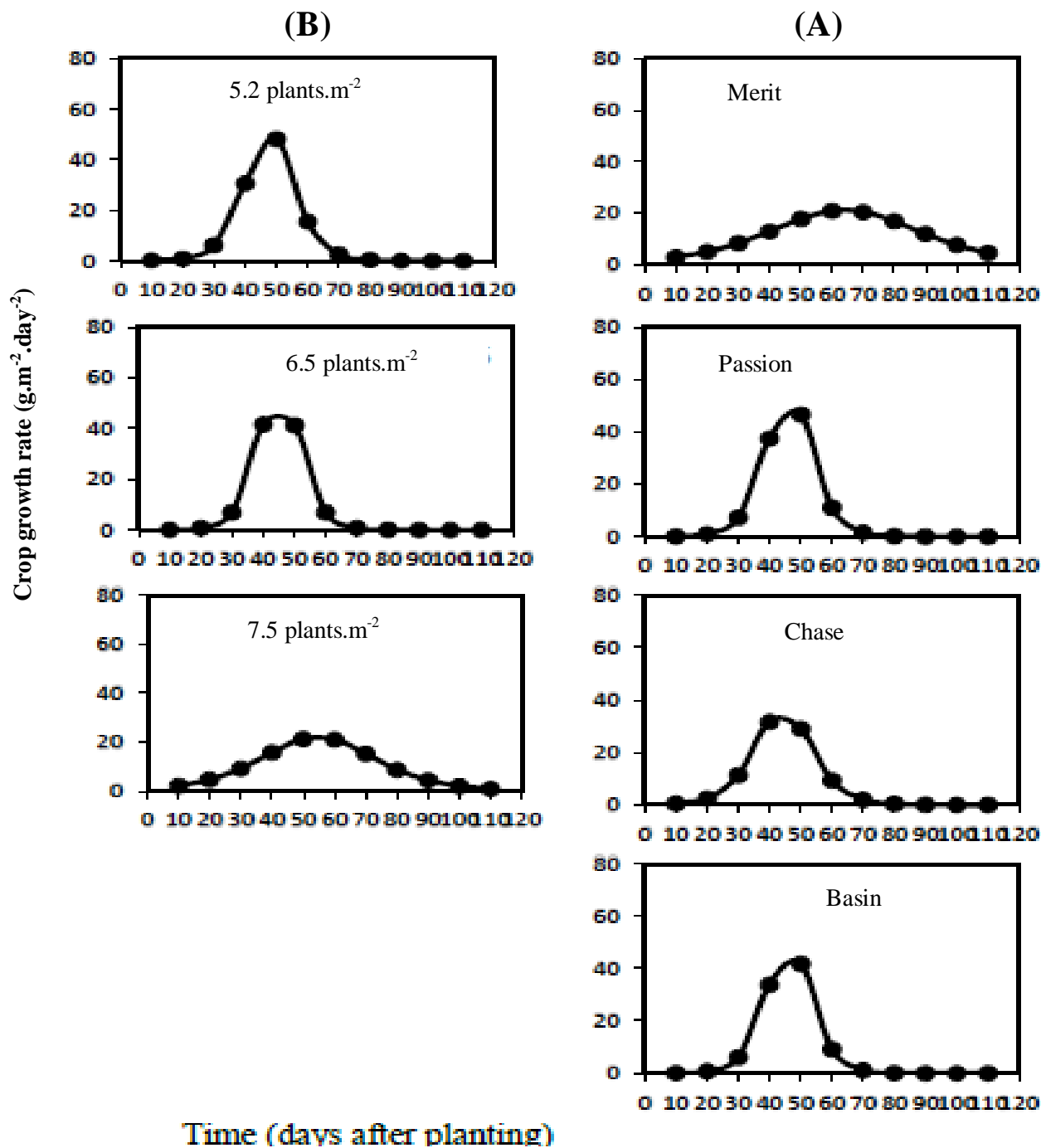
برخی محققان معتقدند که سرعت رشد محصول رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتزکننده گیاهی و پوشش گیاهی بر سطح خاک دارد و بخصوص در تراکم های مطلوب پراکنش بوته ها و سطح برگ در واحد سطح یکنواخت تر شده و برگ ها موقعیت مناسب تری برای جذب تابش و فتوسنتز پیدا می کنند و در نتیجه سرعت رشد محصول افزایش می یابد (Ouzuni Douji *et al.*, 2008).

ریتچی و همکاران (Ritchie *et al.*, 1992) گزارش کردند که در مرحله ۱۰ برگی، رشد گیاه ذرت شدت می یابد و این فرآیند تا ورود به مرحله زایشی ادامه دارد. ترابی جعفرودی و همکاران (Torabi Jafroudi *et al.*, 2007) نیز اظهار داشتند که با کاهش فاصله بین دو بوته در ردیف و یا افزایش تراکم کاشت بر میزان سرعت رشد لوبیا افزوده شد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین شاخص سطح برگ (Nouri Azhar & Ehsanzadeh, 2007) و سرعت رشد (Dwyer *et al.*, 1991) با عملکرد علوفه خشک گزارش شده است. بنابراین، با مقایسه مقادیر شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه با میزان تجمع ماده خشک مشاهده شد که ارقام با شاخص سطح برگ و سرعت رشد بالاتر، عملکرد بیشتری داشتند.

حد نهایی خود با پیر شدن برگ ها و کاهش فتوسنتز خالص، سرعت رشد محصول کاهش یافته است (شکل ۳).

همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی بر سطح خاک و درصد کم جذب تشعشع خورشیدی، میزان CGR پوشش گیاهی پایین بوده و با گذشت زمان به علت توسعه اندام های رویشی و به ویژه برگ ها، افزایش سرعت رشد محصول مشاهده شد. تحت این شرایط تولید مواد فتوسنتزی در پوشش گیاهی افزایش یافته و به دنبال آن CGR هم بهبود یافت. در این آزمایش روند صعودی و نزولی مشاهده شده برای ارقام مختلف ذرت شیرین تقریباً یکسان بود. در ارقام مختلف بیشینه مقدار CGR در ۵۰ روز پس از کاشت برای رقم پاشن با ۴۶/۵ گرم در متر مربع در روز مشاهده شد و بعد از آن، بیشترین مقدار CGR مربوط به رقم بیسین با ۴۱/۷۷ گرم در متر مربع در روز اختصاص داشت. همچنین در رقم مریت بیشینه مقدار CGR به میزان ۲۰/۱۸ گرم در متر مربع در روز در ۶۰ روز پس از کاشت و در رقم چیس هم بیشینه مقدار CGR به میزان ۳۱/۶۰ گرم در متر مربع در روز ۴۰ روز پس از کاشت بدست آمد. در تراکم های مختلف بیشترین مقدار CGR در ۵۰ روز پس از کاشت با ۴۸/۱۴ گرم در متر مربع در روز از تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع بدست آمد. در این زمان همچنین مقدار CGR در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع ۴۱/۲۱ گرم در متر مربع در روز بدست آمد. کمترین میزان CGR هم در تراکم های مختلف از تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع در ۶۰ روز پس از کاشت بدست آمد.

سرعت رشد محصول یکی از شاخص هایی است که با عملکرد گیاهان همبستگی بالایی نشان می دهد (Mohammadian *et al.*, 2013) و از مهم ترین شاخص های تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی محسوب می شود. سرعت رشد محصول به صورت افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان تعریف می گردد، بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در مترمربع (واحد سطح زمین) در روز بیان می شود. از سرعت



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد محصول (الف) ارقام و (ب) تراکم‌های مختلف ذرت شیرین در روزهای پس از کاشت  
 Figure 3- Trend of crop growth rate for different cultivars (A) and plat densities (B) of sweet corn in days after planting time

### سرعت رشد نسبی

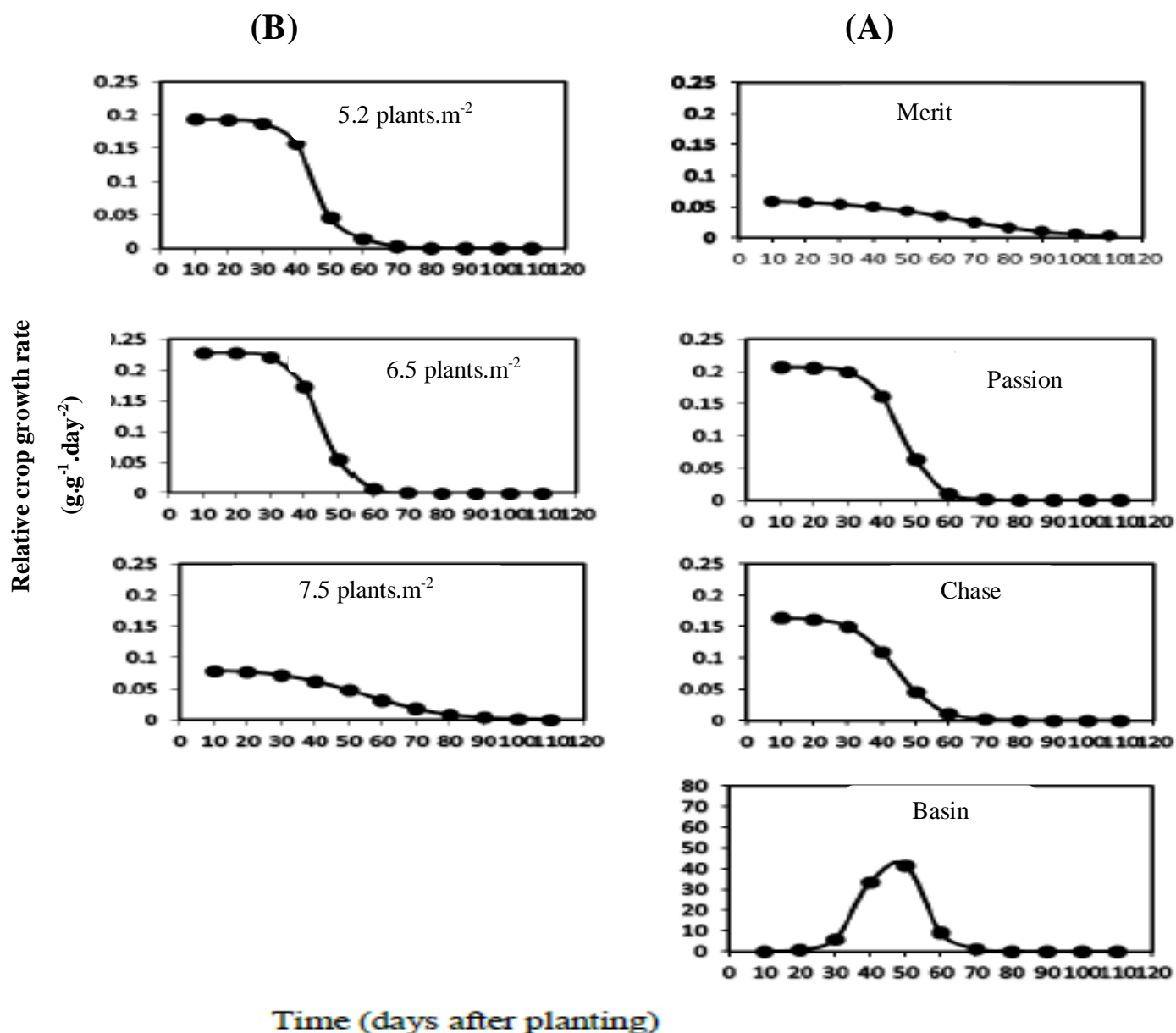
در شکل ۴ روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) ارقام ذرت شیرین تحت تأثیر تراکم‌های مختلف بوته طی دوره رشد نشان داده شده است.

روند تغییرات RGR از ابتدا تا پایان فصل رشد برای تمامی ارقام ذرت شیرین تحت تأثیر تراکم‌های مختلف روندی نزولی داشت. البته اختلاف بین تیمارها از نظر مقدار RGR در ابتدای فصل رشد نسبت به انتهای فصل رشد بیشتر بود؛ به طوری که در ارقام مختلف در ابتدای فصل رشد رقم بیسین با ۰/۲۱ گرم بر گرم در روز بیشترین و رقم مریت با ۰/۰۵۸ گرم بر گرم در روز کمترین RGR را داشتند و رقم پاشن با RGR میزان ۰/۲۰ گرم بر گرم در روز در رتبه دوم قرار داشت. با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل رشد RGR ارقام بیسین، چیس و پاشن با شیب بیشتری نسبت به رقم مریت کاهش یافتند و به صفر نزدیک‌تر شدند. در ابتدای فصل رشد، RGR در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع برابر با ۰/۲۲ گرم بر گرم در روز بود که نسبت به تراکم‌های ۵/۲ و ۷/۵ بوته در متر مربع برتری داشت. با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل رشد، مقدار RGR در تراکم‌های ۵/۲ و ۶/۵ بوته در متر مربع با شیب بیشتری نسبت به تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع کاهش یافتند.

سرعت رشد نسبی بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است، اما با این وجود، توصیف‌کننده سرعت رشد ثابت در طول یک چارچوب زمانی مشخص نیست و می‌تواند با مقادیر لحظه‌ای RGR متفاوت باشد (Gardner et al., 2013). سرعت رشد نسبی به‌تنهایی نمی‌تواند در تجزیه و تحلیل شرایط رشد گیاهان و به خصوص جوامع گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، توصیه محققین برای محاسبه تولید ماده خشک در گیاهان با استفاده توأم از سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) که به‌عنوان دو شاخص مهم در تجزیه و تحلیل رشد مطرح می‌باشند توصیه می‌گردد (Conley et al., 2002).

در ابتدای فصل رشد تمام وزن گیاه و تمام سلول‌ها در تولید نقش دارند، ولی با گذشت زمان و با پیر شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی در طول این دوره، بافت‌های مرده و سلول‌هایی که در تولید نقش ندارند، افزایش می‌یابند و سبب کاهش مقدار سرعت رشد نسبی گیاه می‌شود (Akbari et al., 2012). روند نزولی میزان رشد نسبی مربوط به پیری اندام‌ها، افزایش کربوهیدرات‌ها ساختمانی و کاهش فعالیت‌های متابولیکی در محصول بوده و رشد نسبی با سن گیاه رابطه خطی معکوس دارد (Castro et al., 2008).

کاهش سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد با افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه، در سایه قرار گرفتن گیاه آن‌ها و نیز افزایش رشد بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند، در ارتباط است. از طرف دیگر، با زیاد شدن سن گیاه قسمت مهمی از ساختمان گیاه غیرفعال می‌شود و قسمت‌های زیادی از گیاه شامل ساقه و سایر بافت‌ها فعالیت متابولیکی خود را از دست داده و سهم زیادی در رشد گیاه ایفاء نمی‌کنند (Koochaki et al., 1991). نصرالله‌زاده و همکاران (Nasrollah-Zadeh et al., 2011)، یارمحمودی و همکاران (Yar Mahmoodi et al., 2009) و جواد و همکاران (Javadi et al., 2006) نیز چنین روند مشابهی را برای سرعت رشد نسبی گونه‌های مختلف زراعی به ترتیب شامل باقلا، ذرت دانه‌ای و سورگوم گزارش کرده‌اند.



شکل ۴- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (الف) ارقام و (ب) تراکم‌های مختلف ذرت شیرین در روزهای پس از کاشت  
 Figure 4- The trend of relative growth for different cultivars (A) and plat densities (B) of sweet corn in days after planting time

افزایش تولید یکی از راه‌حل‌های اساسی و مفید در راستای تأمین امنیت غذایی و پایداری در تولید مطلوب می‌باشد. بنابراین، رقم مریت ذرت شیرین برای کشت در شرایط آب و هوایی مشهد قابل توصیه است. البته پیشنهاد می‌شود که انتخاب تراکم مناسب به-منظور جلوگیری از ایجاد رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌ها و دستیابی به سطح مطلوبی از عملکرد به دقت مدنظر قرار گیرد.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله از این آزمایش، برتری شاخص‌های رشدی این آزمایش ارتباط مشخصی را بین نوع رقم و تراکم بوته ذرت شیرین نشان داد، به طوری که رقم مریت در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع در مقایسه با سایر ارقام موفق‌تر عمل کرد و توانست شاخص سطح برگ و به تبع آن میزان تجمع ماده خشک بیشتری را تولید کند. بنابراین، استفاده از پتانسیل ژنتیکی ارقام در جهت

## References

- Akbari, G., Ghorchiani, M., Alikhani, H.A., Allahdadi, H. and Zarei, M. 2012. Effect of biological and chemical phosphate fertilizers on growth indices and grain yield of maize under deficit irrigation conditions in Karaj region. **J. Know. Water. Soil.** 22(4): 51-67. (In Farsi with English Summary).
- Akey, W.C., Juric, T.W. and Dekker, J. 1990. Competition for light between velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and soybean (*Glycine max*). **Weed Res.** 30: 403-411.
- Al-Ramamneh, E.A.D.M. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. **Ind. Crop Prod.** 30: 389-394.
- Andrade, F.H., Calvino, P.A., Ciriloc, A. and Barbieria, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agron. J.** 94: 975-980.
- Anis, R., Wells, R. and Thomas, G. 2001. Reproductive allocation of Virginia-type peanut cultivars bred for yield in North Carolina. **Crop Sci.** 41: 72-77.
- Aroiee, H. and Omidbaigi, R. 2004. Effects of nitrogen fertilizer on productivity of medicinal pumpkin. **Acta Hort.** 629: 415-419.
- Arshi, Y. 2000. Genetically Breeding Vegetable Crops. Mashhad University publications of Jihad-e- Daneshgahi, Mashhad, Iran. (In Farsi with English Summary).
- Asghari, J., Zareei, B. and Barzegari, M. 2006. Effect of plant density and planting pattern on growth parameters and yield of two promising corn hybrids (*Zea mays* L.). **J. Agri. Sci. Technol.** 20:123-133. (In Farsi with English Summary).
- Awan, T.H., Sta Cruz, P.C. and Chauhan, B.S. 2015. Agronomic indices, growth, yield-contributing traits, and yield of dry-seeded rice under varying herbicides. **Field Crop Res.** 177: 15-25.
- Castro, J., Reich, P.B., Sánchez-Miranda, Á. and Guerrero, J.D. 2008. Evidence that the negative relationship between seed mass and relative growth rate is not physiological but linked to species identity: a within-family analysis of Scots pine. **Tree Physiol.** 28: 1077-1082.
- Conley, P.S., Binning, L.K., Boerboom, C.M. and Stoltenberg, D.E. 2002. Estimating giant foxtail cohort productivity in soybean based on weed density, leaf area, or volume. **Weed Sci.** 50: 72-78.
- Dayal, V., Dubey, A.K., Singh, S.K., Sharma, R.M., Dahuja, A. and Kaur, C. 2016. Growth, yield and physiology of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars as affected by polyembryonic rootstocks. **Sci. Hort.** 166: 186-197.
- Dwyer, L.M., Hamilton, R.I., Hayhoe, H.N. and Royds, W. 1991. Analysis of biological traits contributing to grain yield of short-to mead-season corn (*Zea mays* L.) hybrids. **Can. J. Plant Sci.** 71: 535-541.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 2013. Physiology of Crop Plants. Scientific Publishers Journals Department, Iowa State University Press. 327 Pp.
- Goldberg, D.E. and Werner, P.A. 1993. Equivalence of competitors in plant communities: a null hypothesis and a field experimental approach. **Am. J. Bot.** 70(7): 1098-1104.
- Hashemi Dezfoli, S.A., Alami saeid, K., Siyadat, S.A. and Komeyli, M. R. 2002. Effect of planting data on yield potential yield of two sweet corn cultivar in Khozestan region. **Iran. J. Agric. Sci.** 32: 681689. (In Farsi with English Summary).
- Javadi, H., Rashed Mohasel, M.H., Zamani, G.R., Azari Nasr Abad, A. and Moosavi, G.R. 2006. Effect of plant density on growth indices of four grain sorghum cultivars. **Iran. J. Crop Sci.** 4(2): 1-16. (In Farsi with English Summary).
- Karimi, M., Esfahani, M., Bigluei, M.H., Rabiee, B. and Kafi Ghasemi, A. 2009. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of corn forage in the Rasht climatic conditions. **EJCP.** 2(2): 91-110. (In Farsi with English Summary).

- Khodaeian, N. and Zahedi, M. 2013. Effects of row spacing and plant density on yield and yield components of sweet corn in climatic conditions of Isfahan. **JCPP**. 3(8): 115-126. (In Farsi with English Summary).
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., Mohammad-Abadi, A.A. and Mahdavi Damghani, A. 2009. Performance of saffron (*Crocus sativus* L.) under different planting patterns and high corn density. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation. **Res. Econ.** 20-23 May, Korokos, Kozani, Greece.
- Mirshekari Ahmadi, A., Khorramdel, S. and Koocheki, A. 2015. Effect of plant density on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*) cultivars under Mashhad climatic conditions. **Res. Crop**. 3(1): 27-41. (In Farsi with English Summary).
- Moaveni, P., Aliabadi Farahani, H. and Maroufi, K. 2011. Effects of sowing date and planting density on quantity and quality features in thyme (*Thymus vulgaris* L.). **Adv. Environ.** 5(7): 1706-1710.
- Mohamadian, M., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H. and Yanegh, A. 2013. Study the effect of intercropping of three sesame genotypes on morphological and physiological indices. **Iran. J. Field Crop Res.** 11(3): 421-429. (In Farsi with English Summary).
- Najafi, F. and Koocheki, A. 2003. The Status of medicinal and aromatic plants in Iran and strategies for sustainable utilization. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> World Congress on Medicinal and Aromatic Plants Human Welfare.
- Nasrollah-Zadeh, S., Ghassemi-Golezani, K. and Raey, Y. 2011. Evaluation of the relationship of shading with growth and grain yield of faba bean. **J. Sustain. Agric. Prod. Sci.** 21(3): 75-87. (In Farsi with English Summary).
- Nouri Azhar, J. and Ehsanzedeh, P. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regimes in Esfahan region. **J. Sci. Tech.** 41: 261-272. (In Farsi with English Summary).
- Oktem, A. 2005. Response of sweet corn to nitrogen and intra row space in semi-arid region. **Pak. J. Biol. Sci.** 160: 160-163.
- Oktem, A., Eulgun Oktem, A. and Coskun, Y. 2004. Determination of sowing dates of sweet corn (*Zea mays* L. *Saccharata* sturt.) under Canlirfa conditions. **Turk. J. Agric. For.** 28: 83-91.
- Ouzuni Douji, A.A., Esfahani, M., Samizadeh Lahiji, H.A. and Rabiei, M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iran. **J. Crop Sci.** 9: 400-328. (In Farsi with English Summary).
- Purcell, L.C., Rosalind, A.B., Reaper, D.J. and Vories, E.D. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. **Crop Sci.** 42: 172-177.
- Ritchie, S.W., Hanway, J.J. and Benson, G.O. 1992. How a corn plant develops. **Special Report No.** 48. Iowa State University, Pp. 21.
- Saberali, S.F., Sadatnouri, S.A., Hejazi, A. and Zand, E. 2007. Influence of plant density and planting pattern of corn on its growth and yield under competition with common Lambesquarters (*Chenopodium album*). **J. Res. Prod.** 74: 143-152.
- Sarlak, S. and Aghaalikhani, M. 2011. Effect of plant density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea mays* L. var *Saccharata*) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping. **Iran. J. Crop Sci.** 11(4): 367-380. (In Farsi with English Summary).
- Singer, S.R. and Mc Daniel, C.M. 1985. Selection of glyphosate-tolerant calli and the expression of this tolerance in regenerated plants. **Plant Phys.** In: Somaclonal Variation and Mutations in Crop Improvement. (Eds. S.M. Jain, D.S. Brar, and B.S. Ahlowalia). Kluwer Academic Press.
- Soofeiyan, M. 1998. Study of different planting pattern and plant density effects on growth physiological indices and yield of seed and silage corn SC 647. MSc Thesis in Agronomy, Islamic Azad University of Karaj, Karaj, Iran. (In Farsi with English Summary).



- Tharp, B.E. and Kells, J. 2001. Effect of glufosinate-resistant corn (*Zea mays* L.) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) growth. **Weed Technol.** 15:413-418
- Tollennar, M. and Dwyer, L.M. 1999. Physiology of maize. In: D. L. Smith and C. Hamel (Eds.). **Crop Yield, Physiol. Proc.** Berlin: Springer Verlag, Pp. 169-204.
- Torabi Jafroudi, A., Hasanzadeh, A.A. and Fayyaz Moghadam, A. 2007. Effect of plant population on some morph physiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Pajouhesh & Sazandegi.** 20(1): 63-71. (In Farsi with English Summary).
- Williams, W.A., Loomis, R.S. and Lepley, C.R. 1985. Vegetative growth of corn as affected by population density. **Crop Sci.** 211-215.
- Williams, W.M. 2016. Relationships among phenotypic traits of sweet corn and tolerance to crowding stress. **Field Crop Res.** 185: 45-50.
- Yar Mahmoodi, Z., Tadayyon, S. and Jafari Haghghi, B. 2009. Study of biological fertilizers with amino acids on physiological criteria, yield and yield components of seed corn Var. Maxima affected by drought stress. **Plant Ecophysiol.** 1(2): 37-48. (In Farsi with English Summary).

## Effect of plant density on growth indices of sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*) cultivars under Mashhad climatic conditions

Abolfazl Mirshekari Ahmadi<sup>1</sup>, Surur Khorramdel<sup>2\*</sup> and Alireza Koocheki<sup>3</sup>

1- Msc Student in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

\*- Corresponding author: Khorramdel@um.ac.ir

Received: 2015.09.01

Accepted: 2016.01.05

### Abstract

In order to evaluate the growth indices of sweet corn cultivars affected by plant density, an experiment was conducted as factorial layout based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2013-2014. Experimental factors were three plant densities (including 5.2, 6.5 and 7.5 plants.m<sup>-2</sup>) and four cultivars (including Merit, Passion, Basin and Chase). Studied growth indices were leaf area index (LAI), dry matter (DM) accumulation, crop growth rate (CGR) and relative growth rate (RGR) of sweet corn cultivars. The results showed that the effect of cultivar was significant on LAI<sub>max</sub> and DM<sub>max</sub> of sweet corn. The highest LAI and DM were related to 6.5 plants.m<sup>-2</sup>. The highest DM<sub>max</sub> was obtained in Merit and 6.5 plants.m<sup>-2</sup> with 1406.7 g.m<sup>-2</sup>. CGR<sub>max</sub> was observed in 50 days after planting time for passion with 46.5 g.m<sup>-2</sup>.day<sup>-1</sup>. Also, CGR<sub>max</sub> was observed in 50 days after planting time for 5.2 plants.m<sup>-2</sup> with 48.14 g.m<sup>-2</sup>.day<sup>-1</sup>. At the early of growing season, the RGR<sub>max</sub> was computed for 6.5 plants.m<sup>-2</sup> with 0.22 g.g<sup>-1</sup>.day<sup>-2</sup>. In general, Merrit cultivar has higher production potential affected by plant density under Mashhad climatic conditions.

**Keywords:** Sweet corn, Density, Cultivar, Leaf area index, Dry matter accumulation