

برآورد عملکرد بالقوه گیاهان ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی بر اساس رژیم تابشی-گرمایی منطقه ابهر

فرهاد بیات^۱، محمدرضا جهان‌سوز^{۲*}، محمدباقر حسینی^۳، فریدون سرمیدیان^۴، غلامرضا پیکانی‌ماچانی^۵، مصطفی اویسی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۳۰

چکیده

میزان عملکرد رقم خاصی از یک محصول در محیطی معین با آب و مواد مغذی کافی و عاری از آفات و بیماری‌ها به‌عنوان تولید بالقوه تعریف می‌شود. مطالعه‌ای جهت برآورد مقدار بالقوه ماده خشک کل (TDM) برای دو گیاه ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی در شرایط مطلوب رشد بر اساس رژیم تابشی-گرمایی منطقه ابهر با استفاده از مدل رشد فائو در سال ۱۳۹۸ انجام شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که عملکرد TDM و دانه در ارقام هیبریدی ذرت متحمل به تراکم بوته بالا در واحد سطح با شاخص سطح برگ ۳/۵، شاخص برداشت ۵۲ درصد و طول فصل رشد ۱۲۵ روز، به ترتیب در حدود ۲۸/۶۷ و ۱۴/۹۱ تن در هکتار خواهد بود. متناظراً، برای گوجه‌فرنگی با شاخص سطح برگ ۲/۸، شاخص برداشت ۶۵ درصد و فصل رشد ۱۴۸ روزه، معادل ۲۱۲ تن در هکتار می‌باشد که با توجه به ماهیت چندساله این گیاه، عملکرد آن می‌تواند از طریق بهبود سبزمانی بوته‌ها و طولانی شدن مرحله برداشت محصول افزایش یابد. بر اساس طول چرخه رشد گیاه ذرت و گوجه‌فرنگی، نیاز آبیاری آن‌ها به ترتیب برابر با ۷۰۳/۹ و ۸۳۰/۱ میلی‌متر برآورد گردید. یافته‌های پژوهش می‌تواند در بهبود عملکرد گیاهان زراعی منطقه با استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب با شرایط اقلیمی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بالقوه، مدل رشد فائو، محصول تابستانه، ابهر

مقدمه

است. زیرا در برخی موارد، عملکرد بالای محصول با قیمت بالا در بازار همراه بوده و درآمد قابل قبولی برای کشاورزان به ارمغان می‌آورد و موجب جهت تداوم کشت این گیاهان در سال‌های بعد می‌شود. علاوه بر این، گیاهان پرمحصول با تولید بیش‌تر در واحد سطح تا حدودی قیمت پایین بازار را جبران می‌کنند. در ایران، ذرت نقشی کلیدی در صنایع غذایی، تغذیه دام و طیور دارد. به همین دلیل، در سال‌های اخیر جایگاه و اهمیت ویژه‌ای در بین محصولات تابستانه کشور پیدا کرده است. اما تا به امروز، علی‌رغم افزایش سطح زیر کشت و عملکرد این محصول، میزان تولید آن پاسخ‌گوی تقاضای رو به رشد داخلی نبوده است. از این‌رو، الزاماً هر ساله مقدار قابل‌توجهی ذرت به‌صورت بذر و یا خوراک فرآوری‌شده از دیگر کشورها وارد می‌گردد (Choukan, 2012). سالانه به وسعت ۱۹۹ هزار هکتار از

در سال‌های اخیر، سطح زیر کشت گیاهانی مانند ذرت و گوجه‌فرنگی به دلیل عملکرد بالای آن‌ها افزایش یافته

^۱ دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۲ استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی و دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*نویسنده مسئول: Jahansuz@ut.ac.ir)

^۳ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۴ استاد گروه خاکشناسی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۵ استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

نحوه ارجاع مقاله:

بیات، ف.، جهان‌سوز، م.ر.، حسینی، م.ب.، سرمیدیان، ف.، پیکانی‌ماچانی، غ.ر.، اویسی، م. ۱۳۹۹. برآورد عملکرد بالقوه گیاهان ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی بر اساس رژیم تابشی-گرمایی منطقه ابهر. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۸(۲): ۱۴-۲۵. DOI: 10.22125/agmj.2020.220038.1089

Bayat, F., Jahansuz, M.R., Hosseini, M.B., Sarmadian, F., Peykani Machiani, Gh., Oveisi, M. Estimating the potential yield of forage maize and tomato crops under radiation-thermal condition of "Abhar" region, Iran. Journal of Agricultural Meteorology, 8(2): 14-25. DOI: 10.22125/agmj.2020.220038.1089

پتانسیل و عملکرد واقعی به دست آمده توسط کشاورز که تغییر یافته مفاهیم پیشین است (van Ittersum and Rabbinge, 1997) ارائه شده است (Cassman et al., 2003). در مطالعات متعدد، کمی سازی تفاوت عملکرد و تغییرپذیری آن در مقیاس محلی از طریق داده های مزرعه ای (Herdt and Mandac, 1981; Calviño and Lobell and Sadras, 2002; Sadras et al., 2002) یا سنجش از دور به طور موفقیت آمیزی انجام شده است (Lobell and Ortiz-Monasterio, 2006; Ortiz-Monasterio and Lobell, 2007). ارزیابی خلأ عملکرد، یک تخمین کمی از امکان افزایش در ظرفیت تولید غذا برای یک ناحیه مشخص را فراهم می آورد که یک جزء مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه ای، ملی و در سطح جهانی است (Van Wart et al., 2013). فقدان مشاهدات مرتبط با مدیریت مطلوب محصول منتج به مشکل در ارائه مقادیر قابل اطمینان عملکرد پتانسیل مبتنی بر مزرعه می شود (Grassini et al., 2009). وقتی چنین داده هایی در دسترس نباشد، مدل های شبیه سازی می توانند پیش بینی های منطقی از عملکرد پتانسیل با استفاده از داده های خاک و اقلیم (تابش خورشیدی، دمای روزانه و بارش) فراهم کنند (Sacks and Kucharik, 2008; Bhatia et al., 2011). در کل، عملکرد پتانسیل را می توان به سه روش شامل شبیه سازی عملکرد به وسیله مدل های گیاهان زراعی، اندازه گیری مستقیم عملکرد در مزارع آزمایشی کنترل شده و عاری از عوامل محدود کننده رشد و بیشترین عملکرد ثبت شده توسط کشاورزان نمونه محاسبه کرد (Lobell et al., 2009). به نظر می رسد در صورت فراهم بودن آمار هواشناسی بلندمدت، استفاده از مدل های شبیه سازی گیاهان زراعی تخمین بهتری از عملکرد پتانسیل در شرایط دیم و آبی نسبت به مزارع آزمایشی می دهد زیرا در این مدل ها اثر نوسانات دمایی، تشعشع و بارندگی در طی زمان بهتر تخمین زده می شود (Van Ittersum et al., 2013). ذرت نسبت به طیف وسیعی از شرایط محیطی متحمل است، اما فصل رشد آن باید عاری از یخبندان باشد. دمای مطلوب برای جوانه زنی آن ۲۱-۱۸ درجه سانتی گراد است. جوانه زنی در دمای ۱۳ درجه سانتی گراد کاهش می یابد و در دماهای کم تر از ۱۰ درجه سانتی گراد متوقف می شود. این گیاه زراعی در دامنه

اراضی زراعی کشور به کشت ذرت علوفه ای اختصاص می یابد که متوسط عملکرد آن تقریباً ۵۳ تن در هکتار است (Ahmadi et al., 2018). در سال های اخیر، به دلیل توسعه صنایع تبدیلی و فرآوری محصولات کشاورزی میزان تقاضا برای محصولاتی نظیر گوجه فرنگی نیز افزایش یافته است. علاوه بر اطمینان نسبی از بازار فروش، عملکرد بالای گوجه فرنگی نیز مشوق زارعین جهت افزایش سطح زیر کشت این محصول نقدی^۱ شده است (Sadreghaen et al., 2010). هر ساله نزدیک به ۱۲۶ هزار هکتار از اراضی زراعی کشور به کشت گوجه فرنگی اختصاص می یابد که میانگین عملکرد آن ۴۳ تن در هکتار عنوان شده است (Ahmadi et al., 2018). پتانسیل عملکرد ترکیبی از اثرات عوامل ژنتیکی گیاه و عملیات مدیریتی است. زمان بندی کشت، تراکم، کاربرد کود و شرایط آب و هوا در سراسر چرخه رشد با ژنتیک اثر متقابل بر تولید گیاه می گذارد (Hmielowski, 2018). عملکرد وارپته^۲ بخصوصی از یک محصول در محیطی معین با آب و مواد مغذی کافی و عاری از آفات و بیماری ها به عنوان تولید پتانسیل تعریف می شود (Evans and Fischer, 1999; Grassini et al., 2009). از این رو، عملکرد پتانسیل برای یک ژنوتیپ معین به وسیله ترکیب بخصوصی از شرایط تابش خورشیدی، دما، خاک و تراکم گیاهی در مکانی ویژه تعیین می گردد (van Ittersum and Rabbinge, 1997). متوسط عملکرد واقعی محصول (عملکرد زارعین) در یک منطقه یا کشور از عملکرد پتانسیل کم تر است، زیرا در اغلب موارد منابع رشد نامحدود و مدیریت کارآمد در طول چرخه رشد محصول وجود ندارد (Lobell et al., 2009). تعیین پتانسیل عملکرد و تفاوت های بین عملکرد پتانسیل و واقعی نیازمند درک جامعی از رشد و نمو محصول است که به شرایط اقلیمی، خاکی، آبی، فیزیولوژیکی و عوامل مدیریتی وابسته می باشد (Aggarwal et al., 2008). جهت درک سامانه پیچیده تولید، تعریف هایی از تفاوت های عملکرد در بین پتانسیل عملکرد، عملکرد منطقه مورد مطالعه، عملکرد پتانسیل مزرعه و عملکرد واقعی زارع پیشنهاد شده است (Gomez, 1977). اخیراً، مفهومی از تفاوت عملکرد^۲ قابل استفاده بین عملکرد

¹ Cash crop

² Yield Gap

برای تشخیص عوامل محدودکننده عملکرد ضروری می‌باشد. تحلیل خلأ عملکرد، برآورد استعداد یک منطقه برای تولید یک محصول خاص است که باعث جهت‌دادن به پژوهش‌ها شده و به برنامه‌ریزی و طراحی الگوهای کشت کمک شایانی می‌کند. همچنین دانستن استعداد یک منطقه برای تولید یک محصول خاص می‌تواند موجب سرمایه‌گذاری روی آن محصول در منطقه شود (Meghdadi et al., 2014). اگرچه تغییرات محیطی خارج از اراده و کنترل کشاورز بوده و موجب نوسان در میزان تولید می‌شود ولی وجود تفاوت عملکرد به میزان قابل توجه نشانگر وجود عوامل محدودکننده رشد هستند و مدیریت فعلی باید به نحوی بهبود یابد تا بتواند شکاف موجود بین عملکرد مشاهده‌شده و بالقوه را پر کند. به‌طور خلاصه، شناخت ظرفیت بالقوه تولید یک محصول در ناحیه‌ای معین منجر به کاهش هدر رفت منابع تولید می‌شود. از این‌رو، اهداف این مطالعه عبارت بودند از (۱) تعیین عملکرد پتانسیل در محصول ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی در منطقه ابهر، (۲) تعیین تفاوت عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی در منطقه و (۳) تعیین نیاز آبی این دو محصول در منطقه مورد مطالعه.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۳۰۲۴۷ هکتار در شهرستان ابهر استان زنجان، بین طول شرقی ۱۰° و ۴۹° تا ۲۵° و ۴۹° و بین عرض شمالی ۱۵° و ۳۶° قرار دارد. بر اساس شاخص «دومارتن» (۱۴/۷) و داده‌های هواشناسی (دما و بارندگی) دوره ۳۳ ساله ایستگاه همدیدی^۵ «خرم‌دره» (نزدیک‌ترین ایستگاه به محل مطالعه)، منطقه مورد نظر جزو اقلیم‌های نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود. شکل ۱، میانگین دماهای روز، شب و شبانه‌روز را در طی ماه‌های سال نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر، با استفاده از اطلاعات هواشناسی دریافت شده از سازمان هواشناسی کشور (واقع در تهران) و اطلاعات گیاه مجموع ماهانه بارش، بارش مؤثر و تبخیر/تعرق مرجع به

دمایی ۴۰-۱۴ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند ولی رشد مطلوب آن، در دماهای بین ۳۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. میانگین کمینه و بیشینه دما در چرخه رشد آن، باید بین بازه ۲۴-۱۲ درجه سانتی‌گراد و ۲۹-۲۶ درجه سانتی‌گراد باشد (Sys et al., 1993). در کل، ارقام زودرس^۱، میان‌رس^۲ و دیررس^۳ ذرت در مناطقی با دامنه درجه‌روز رشد^۴ انباشته (مجموع میانگین دماهای بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب ۲۱۰۰-۲۵۰۰، ۲۸۵۰ و بزرگ‌تر از ۲۸۵۰ کشت می‌شوند و نواحی با درجه‌روز رشد انباشته کم‌تر از ۲۱۰۰ واحد در طول فصل زراعی، جهت کشت محصول ذرت مناسب نیستند (Zhao et al., 2019). جوانه‌زنی بذره‌های گوجه‌فرنگی در دامنه دمایی ۳۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود؛ محدوده مطلوب جهت جوانه‌زنی آن‌ها ۳۰-۱۶ درجه سانتی‌گراد است. گوجه‌فرنگی‌ها در نواحی با دمای هوای بین ۳۶-۱۳ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کنند. رشد مطلوب آن‌ها تنها می‌تواند در دمای بین ۲۶-۱۸ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد. در مرحله گل‌دهی، دمای مناسب ۲۴-۱۸ درجه سانتی‌گراد است. بازه دمایی موردنیاز جهت شکل‌گیری میوه‌ها بین ۱۲-۳۲ درجه سانتی‌گراد است و محدوده دمایی مطلوب برای این دوره ۲۲-۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. جهت دستیابی به عملکردهای بالاتر، تفاوت دماهای روز و شب نباید بیش‌تر از ۱۰-۶ درجه سانتی‌گراد باشد. دماهای بالاتر، موجب ریزش گل‌ها می‌شوند و دماهای پایین‌تر موجب بد شکل شدن میوه‌ها می‌شوند. گیاه گوجه‌فرنگی به سرما و یخبندان خیلی حساس است (Sys et al., 1993). مطالعه ۵۳۶ مجموعه داده حاصل از مزارع گوجه‌فرنگی «کالیفرنیا» در طی چهار سال مشخص کرد که دمای پایه و حد نهایی دمای بهینه برای رشد این محصول، به ترتیب برابر با ۱۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده و از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، انباشت ۱۲۱۴ درجه-روز موردنیاز است (Zalom and Wilson, 1998). درک پتانسیل عملکرد و فاصله موجود بین عملکرد واقعی گیاهان زراعی با عملکرد قابل دستیابی

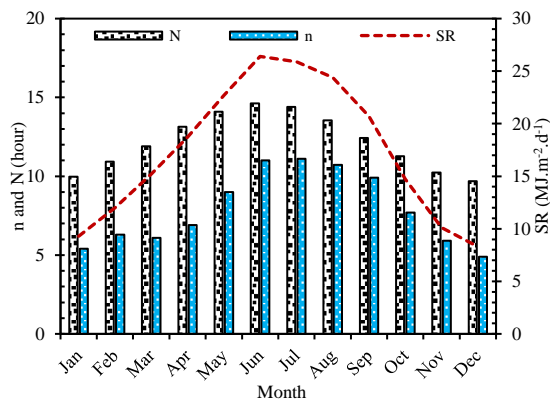
¹ Early-maturity

² Mid late-maturity or Semi-maturing

³ Late-maturity

⁴ Growing Degree-Days

⁵ Synoptic



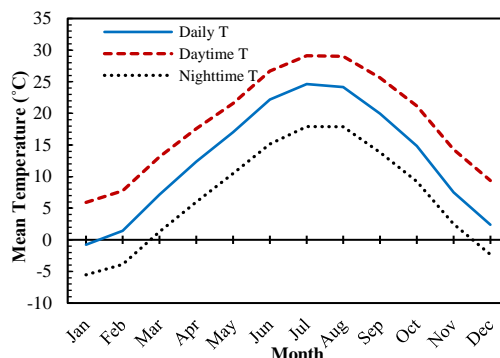
شکل ۳- ساعات روشنایی یا طول روز (N)، میانگین ماهانه ساعات آفتابی (n) و تابش خورشیدی (SR) مبتنی بر داده‌های اقلیمی ایستگاه خرمدره

Figure 3- daylight hours or daylength (N), Monthly averages of sunshine hours (n) and solar radiation (SR) based on climatic data of Khorramdarreh station

زیرگروه فتوسنتزی و مدل رشد «فائو»

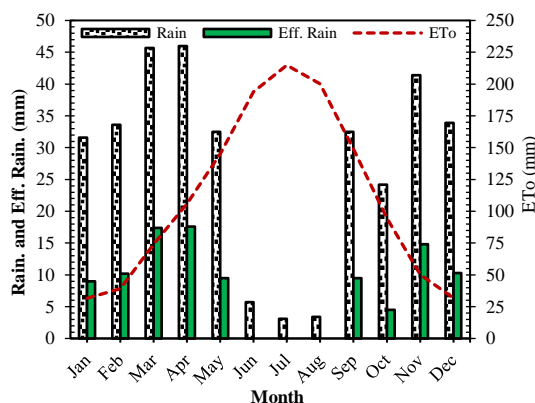
با توجه به شکل ۴، مسیرهای اصلی فتوسنتزی (C₃) و (C₄) از لحاظ دمای مطلوب فرآیندهای فتوسنتزی، هر کدام به دو زیرگروه مجزا تقسیم‌بندی می‌شوند (Sys et al., 1991): زیرگروه اول (I) گونه‌هایی از گیاهان C₃ مانند گندم، جو، سیب‌زمینی و ارقام معتدله و گرمسیری مرتفع لوبیا هستند که فتوسنتز مطلوب آن‌ها در دمای ۱۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. زیرگروه دوم (II)، گونه‌هایی از گیاهان C₃ مانند سویا، برنج، پنبه، سیب‌زمینی شیرین، گوجه‌فرنگی و ارقام گرمسیری لوبیا هستند که فتوسنتز مطلوب آن‌ها در دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. زیرگروه سوم (III)، گونه‌هایی از گیاهان C₄ مانند نیل، ارزن مرواریدی، ارقام گرمسیری ذرت و سورگوم هستند که فتوسنتز بهینه آن‌ها در دمای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. زیرگروه چهارم (IV)، گونه‌هایی از گیاهان C₄ مانند ارقام معتدله و گرمسیری مرتفع ذرت و سورگوم هستند که فتوسنتز بهینه آن‌ها در دمای ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. از مدل رشد فائو (Sys et al., 1991) جهت برآورد بیشینه تولید ماده خشک گیاه استفاده گردید (معادله ۱). ضریب تنفسی که به میانگین دمای شبانه‌روز وابسته است، از طریق معادله ۲ محاسبه شد.

وسیله نرم‌افزار «کراپوات»، مبتنی بر روش «فائو پنمن مانیت»^۱ (Allen et al., 1994) محاسبه شد (شکل ۲).



شکل ۱- میانگین دماهای طول روز، شب و شبانه‌روز بر اساس داده‌های اقلیمی (دوره ۳۳ ساله) ایستگاه خرمدره

Figure 1- Daytime, nighttime and daily mean temperatures based on climatic data (33-years period) of "Khorramdarreh" station



شکل ۲- مجموع ماهانه بارش، بارش مؤثر و تبخیرتغرق مرجع بر اساس داده‌های اقلیمی ایستگاه خرمدره

Figure 2- Monthly sum of rainfall, effective rainfall and reference evapotranspiration based on climatic data of Khorramdarreh station

ورودی‌های اولیه نرم‌افزار مذکور شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و ساعات آفتابی بودند. همچنین، مقادیر میانگین ماهانه ساعات آفتابی به همراه ساعات روشنایی و شدت تابش محاسبه شده نیز در شکل ۳ آمده است. محاسبات مربوط به پتانسیل عملکرد محصول نیز با در نظر گرفتن ویژگی‌های ارقام یا ژنوتیپ‌های استاندارد (معیار) و پرمحصول گیاهان و با فرض رشد گیاه در شرایط مطلوب محیطی (دما، آب، مواد مغذی و غیره) و عاری از تنش (زنده و غیرزنده) انجام گرفته است.

¹ FAO Penman Monteith (FPM)

$$f = \left(\frac{n}{N}\right) \quad (6)$$

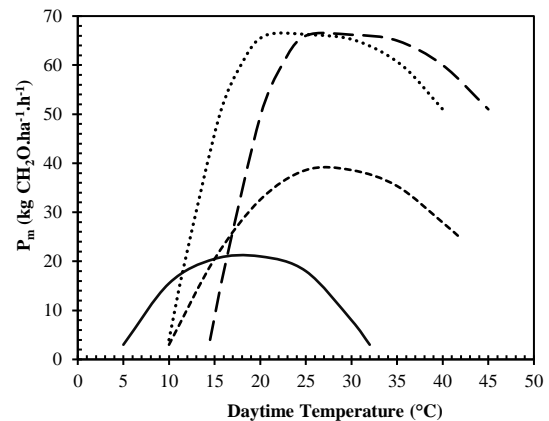
$$1 - f = 1 - \left(\frac{n}{N}\right) \quad (7)$$

$$K_{LAI} = -0.0303LAI^2 + 0.3522LAI \quad (8)$$

که در آن‌ها، Y پتانسیل عملکرد دانه ($kg \cdot ha^{-1}$)، bgm بیشینه تولید زیست‌توده ناخالص ($kg \cdot ha^{-1} \cdot hr^{-1}$)، HI شاخص برداشت (%)، L طول چرخه رشد، C_t ضریب تنفس، c_{30} ثابت تنفس (برای لگوم‌ها و غیرلگوم‌ها به ترتیب برابر با 0.283 و 0.108)، t میانگین دمای روزانه ($^{\circ}C$)، P_m بیشینه فتوسنتز طبق دمای روز چرخه رشد ($kg \cdot CH_2O \cdot ha^{-1} \cdot hr^{-1}$)، bc بیشینه تولید زیست‌توده ناخالص در روزهای صاف ($kg \cdot CH_2O \cdot ha^{-1} \cdot day^{-1}$)، bo بیشینه تولید زیست‌توده ناخالص در روزهای ابری ($kg \cdot CH_2O \cdot ha^{-1} \cdot day^{-1}$)، f بخشی از طول روز با آسمان ابری، n ساعات آفتابی در روز، N طول روز بر حسب ساعت، $1-f$ بخشی از طول روز با آسمان صاف و K_{LAI} ضریب تصحیح برای شاخص سطح برگ کم‌تر از ۵ در زمان بیشینه تولید زیست‌توده ناخالص است.

نیاز آبی محصول^۱

شناخت میزان تبخیرتغرق گیاه^۲ در یک منطقه معین، عامل اصلی تدوین برنامه آبیاری مناسب و بهبود بازدهی مصرف آب در آبیاری است. مقادیر تبخیرتغرق محصول را می‌توان با اندازه‌گیری پیوسته تغییرات آب خاک به وسیله لایسیمتر^۳ با توازن آب خالص تعیین کرد. اما روش کم‌هزینه دیگر که بر اساس تبخیرتغرق پتانسیل^۴ (گیاه مرجع) و استفاده از ضرایب گیاهی^۵ است، نیاز آبی گیاه را با دقت قابل‌قبولی محاسبه می‌کند (Doorenbos and Pruitt, 1977). ویژگی‌های گیاهی موردنیاز جهت برآورد نیاز آبی محصول ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۴- رابطه بین حداکثر فتوسنتز برگ (P_m) با دمای روز در زیرگروه‌های فتوسنتزی I، II، III و IV (FAO, 1981)

Figure 4- The relationship between maximum leaf photosynthesis (P_m) and daytime temperature in photosynthetic subgroups I, II, III and IV (FAO, 1981)

با توجه به میانگین دمای روز در طول چرخه رشد محصول، میزان بیشینه فتوسنتز برگ با استفاده از شکل ۴ تعیین و سپس به وسیله یکی از معادله‌های ۳، ۴ و ۵ میزان بیشینه تولید زیست‌توده ناخالص در گیاه زراعی برآورد شد (جدول ۳). با توجه به عرض جغرافیایی ایستگاه همدیدی خرم‌دره ($36/196$ درجه شمالی) و داده‌های موجود در جدول ۲ (Sys et al., 1991)، از طریق میان‌یابی خطی طول روز، میزان بیشینه تولید زیست‌توده ناخالص در روزهای ابری و صاف در ماه‌های مختلف برآورد شد. همچنین، برای محاسبه کسری از طول روز با آسمان صاف و ابری به ترتیب از معادله‌های ۶ و ۷ و برای محاسبه ضریب شاخص سطح برگ از معادله ۸ استفاده گردید.

$$Y = \frac{(0.36bgm \times K_{LAI} \times HI)}{\left(\frac{1}{L} + 0.25C_t\right)} \quad (1)$$

$$C_t = ct_{30}(0.001t^2 + 0.0019t + 0.044) \quad (2)$$

$$P_m = 20 \Rightarrow y = 5(P_m - 20) = 0 \Rightarrow bgm = f \times bo + (1 - f) \times bc \quad (3)$$

$$P_m > 20 \Rightarrow y = 5(P_m - 20) \Rightarrow bgm = f \times bo \times (1 + 0.002y) + (1 - f) \times bc \times (1 + 0.005y) \quad (4)$$

$$P_m < 20 \Rightarrow y = 5(P_m - 20) \Rightarrow bgm = f \times bo \times (1 - 0.25y) + (1 - f) \times bc \times (1 - 0.01y) \quad (5)$$

¹ Crop Water Requirement (CWR)

² Crop Evapotranspiration (ETc)

³ Lysimeter

⁴ Potential Evapotranspiration (ETo)

⁵ Crop Coefficient (Kc)

جدول ۱- ویژگی‌های گیاهی لازم جهت تعیین نیاز آبی ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی

Table 1- Plant characteristics needed to determine the water requirement of forage maize and tomato

Crop		Initial	Development	Mid-season	Late season	Total
Forage maize	Kc values	0.30		1.20	0.60	
	Stage (days)	20	35	40	30	125
	Rooting depth (m)	0.30		1.00		
	Critical depletion (fraction)	0.55		0.55	0.80	
	Yield Response fraction	0.40	0.40	1.30	0.50	1.25
	Crop height (m)			2.00		
Tomato	Kc values	0.60		1.15	0.90	
	Stage (days)	30	40	45	30	145
	Rooting depth (m)	0.25			1.00	
	Critical depletion (fraction)	0.30		0.40	0.50	
	Yield Response fraction	0.50	0.60	1.10	0.80	1.05
	Crop height (m)			0.60		

جدول ۲- طول روز (N) در عرض جغرافیایی ۳۵ و ۴۰ درجه شمالی، تولید زیست توده ناخالص در روزهای صاف (bc) و ابری (bo) در

عرض جغرافیایی ۳۰ و ۴۰ درجه شمالی

Table 2- Day length (N) in latitude of 35° N and 40° N, gross biomass production in clear days (bc) and overcast days (bo) in latitude of 30° N and 40° N

Month	bc		bo		N	
	30°	40°	30°	40°	35°	40°
March	385	353	200	178	11.9	11.9
April	437	427	232	223	13.1	13.3
May	471	480	251	253	14.0	14.4
June	489	506	261	268	14.5	15.0
July	483	497	258	263	14.3	14.7
August	456	455	243	239	13.5	13.7
September	412	390	216	200	12.4	12.5
October	356	314	182	155	11.3	11.2
November	299	241	148	112	10.3	10.0

جدول ۳- ویژگی‌های گیاهی لازم جهت برآورد تولید پتانسیل ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی

Table 3- Crop characteristics to determine the production potential of forage maize and tomato

Crop	f	1-f	C ₃₀	C _t	LAI	K _{LAI}	P _m	y	L	HI	bgm
Maize	0.23	0.77	0.0108	0.23	3.5	0.93	66.5	230.0	114	0.52	808.34
Tomato	0.25	0.75	0.0108	0.25	2.8	0.75	39.1	95.3	148	0.65	600.08

میزان تابش بیش‌تری جهت تولید مواد فتوسنتزی دریافت می‌کند. علاوه بر آن، به دلیل برداشت محصولاتی مانند گندم و جو، سطح زیر کشت بیش‌تری به ذرت علوفه‌ای اختصاص می‌یابد (Bozorgmehr and Nastari, 2014). کشت ذرت به منظور تولید علوفه با تراکم ۸/۳ (Ma et al., 2014)، ۹/۵ (Ranjbar et al., 2017) و ۱۰ (Grassini et al., 2009) بوته در مترمربع، در ارقام جدید دارای برگ‌هایی با زاویه اندک نسبت به ساقه (ساختار گیاهی فشرده) می‌شود که متحمل به تراکم بالا، تنش خشکی، نیتروژن کم و دمای پایین هوا هستند (Nissanka et al., 1997; Ciampitti and Vyn, 2012; Ying et al., 2002). میانگین دامنه تغییرات شاخص مساحت برگ محصول ذرت در چرخه رشد آن برابر با ۴-۳ مترمربع برگ در یک مترمربع از سطح زمین است (Sys

مشخصات زراعی محصول ذرت علوفه‌ای

به عقیده زارعین، کشت ذرت علوفه‌ای نسبت به ذرت دانه‌ای می‌تواند در تاریخ کشت‌های دیرتری انجام گیرد، زیرا ذرت علوفه‌ای جهت برداشت نیاز به مرحله رسیدگی و بلوغ کامل ندارد (Roth and Undersander, 1995; Darby and Lauer, 2002). در مناطق گرم و خشک کاشت ارقام دیررس ذرت علوفه‌ای مثل «سینگل کراس ۷۰۰» در اواخر ماه خرداد (یعنی تأخیر در کشت)، نه تنها موجب کاهش عملکرد نمی‌گردد بلکه به علت عدم مواجهه گیاه در مراحل حساس چرخه رشد (کاکل‌دهی، گرده‌افشانی و دانه‌بندی) با تنش‌های محیطی مانند دمای بالا و تنش آبی، سطح برگ بیش‌تری تولید شده و گیاه

¹ Single Cross 700: SC700

معیار ۶۶ درصد عنوان شده است (Heuvelink et al., 2007). در زمان برداشت، دامنه تغییرات محتوای رطوبت و ماده خشک میوه گوجه‌فرنگی به ترتیب ۹۵-۹۳ درصد و ۵-۷ درصد ذکر شده است (Shi and Maguer, 2000; Akanbi and Oludemi, 2004; Samaila et al., 2011).

نتایج و بحث

نیاز آبی محصول

ذرت

میزان بارش مؤثر، نیاز آبی و نیاز آب آبیاری ذرت علوفه‌ای در منطقه ابهر با متوسط ضریب گیاهی ۰/۸۷، در چرخه رشد محصول (۱۱۶ روز) به ترتیب ۸/۹، ۷۱۳/۹ و ۷۰۳/۹ میلی‌متر برآورد گردید (شکل ۵).

گوجه‌فرنگی

مقادیر بارش مؤثر، نیاز آبی و نیاز آب آبیاری گوجه‌فرنگی در منطقه ابهر با متوسط ضریب گیاهی ۰/۹۵، در چرخه رشد محصول (۱۴۸ روز) به ترتیب ۱۶/۶، ۸۴۶/۲ و ۸۳۰/۱ میلی‌متر برآورد شد (شکل ۶).

پتانسیل عملکرد محصول

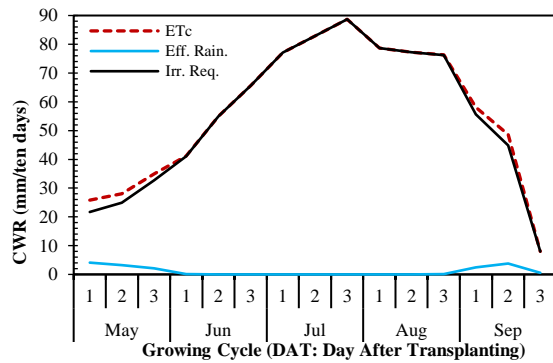
ذرت

اگر کشت ارقام زودرس ذرت مانند «سینگل کراس ۳۰۱» با تراکم بالا (۸/۵ بوته در مترمربع) با چرخه رشد ۱۲۰-۱۱۰ روز مدنظر باشد، میزان پتانسیل تولید ماده خشک کل و دانه این محصول با شاخص برداشت ۵۲ درصد، در منطقه ابهر به ترتیب در حدود ۲۸/۶۷ و ۱۴/۹۱ تن در هکتار خواهد بود. با در نظر گرفتن ۱۳/۵ درصد رطوبت دانه پس از برداشت، عملکرد دانه به ۱۷/۲۳ تن در هکتار نیز می‌رسد. اگر کشت ذرت علوفه‌ای مدنظر بوده و از ارقام دیررس مانند سینگل کراس ۷۰۴ با طول چرخه رشد ۱۴۰-۱۳۰ روز استفاده شود، قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه میزان برداشت علوفه تر با محتوای رطوبت ۷۰ درصد به ۹۵/۵۶ تن در هکتار خواهد رسید. دامنه عملکرد واقعی ذرت علوفه‌ای در منطقه ابهر ۶۰-۲۵ تن در هکتار است.

(et al., 1991; Sys et al., 1993). در زمان گلدهی بسته به شرایط محیطی ممکن است که شاخص سطح برگ تا مقدار ۸ مترمربع برگ در واحد سطح نیز برسد (Lindquist et al., 2005). تصمیم‌گیری در رابطه با زمان برداشت ذرت علوفه‌ای (سیلو) باید مبتنی بر اندازه‌گیری ماده خشک باشد به طوری که در مرحله خمیری شدن دانه‌ها، زمانی که محتوای ماده خشک در زیست‌توده (ساقه، برگ و بلال) ۳۵-۳۰ درصد و یا به عبارت دیگر میزان رطوبت آن ۶۵-۷۰ درصد باشد، برداشت انجام می‌شود (Adesogan and Newman, 2010). محتوای رطوبت دانه در زمان برداشت جهت انبارداری نیز ۱۳/۵ درصد ذکر شده است (Spenceley, 2005).

گوجه‌فرنگی

در آزمایشی ۴ ساله از بین چهار تراکم متداول (۱، ۲، ۳ و ۴ بوته در مترمربع)، تراکم ۳ بوته در واحد سطح به‌عنوان بهترین تراکم از لحاظ عملکرد قابل قبول پیشنهاد شد (Adelana et al., 1976). در تحقیقی عنوان شد که از بین سه تراکم ۳/۳۳، ۴/۱۷ و ۵/۵۶ بوته در مترمربع، تراکم ۳/۳۳ بوته در واحد سطح با وجود مصرف کود کم‌تر، عملکرد قابل قبولی تولید می‌کند ولی تراکم‌های بالا برای تولید بیش‌تر، نیاز بالایی به کودهای شیمیایی دارند (Law-Ogbomo et al., 2009). در مطالعه‌ای دیگر، چهار تراکم کاشت ۲/۳۰، ۲/۸۰، ۴/۰ و ۶/۲۵ بوته در واحد سطح مورد آزمایش قرار گرفت که بهترین آن‌ها از لحاظ عملکرد، تراکم ۴ بوته در مترمربع (۴۰۰۰۰ بوته در هکتار) بود (Agarwal and Ahmed, 2011). در گیاه گوجه‌فرنگی، بازه آرمانی شاخص سطح برگ، ۳/۵-۳/۰ مترمربع برگ در یک مترمربع از سطح زمین گزارش شده است (Heuvelink, 1995). مقدار شاخص سطح برگ مرجع و شاخص سطح برگ در ژنوتیپ معیار نیز به ترتیب برابر با ۳/۳ و ۲/۸ مترمربع برگ در واحد سطح زمین بیان شده است (Heuvelink et al., 2004; Heuvelink et al., 2007). محدوده تغییرات شاخص برداشت در ارقام پرمحصول گوجه‌فرنگی ۷۰-۶۰ درصد (با میانگین ۶۵ درصد) ذکر شده است (Ho, 1984; Heuvelink, 1995). البته در منابع دیگر، میزان شاخص برداشت برای ژنوتیپ



شکل ۶- بارش مؤثر، نیاز آبی و نیاز آب آبیاری در طول چرخه رشد گوجه‌فرنگی

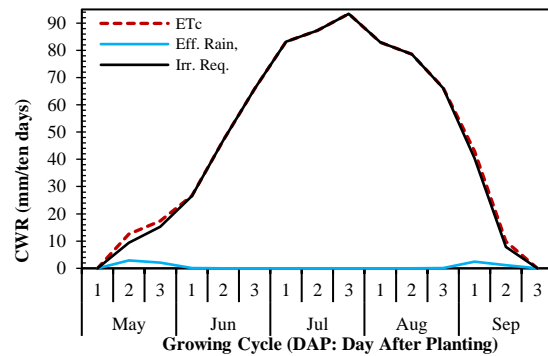
Figure 6- Effective rainfall, water requirement and irrigation water requirement during the growth cycle of tomato

استرالیا، میانگین و بیشینه عملکرد دانه را به ترتیب ۵/۷ و ۱۴/۴ تن در هکتار (و با ماده خشک ۲۸ تن در هکتار) نشان داد (Unkovich et al., 2010). در این آزمایش‌ها میانگین شاخص برداشت (۵۲٪) و بیشینه مقدار شاخص برداشت (۶۲٪) مشابه مقادیر به‌دست‌آمده در ایالات متحده آمریکا بود (Prince et al., 2001). در این مطالعات، میانگین عملکرد ماده خشک و بیشینه مقدار آن به ترتیب ۲۰/۷ و ۲۸/۰ تن در هکتار برآورد گردید (Birch et al., 2008). به‌طور کلی در کشت آبی عملکرد اقتصادی قابل‌قبول دانه ۶-۹ تن در هکتار و علوفه ۸۰ تن در هکتار است (Sys et al., 1993). ذرت کشت‌شده در اقلیم‌های معتدله نسبت به ذرت رشدیافته در اقلیم گرمسیری، شاخص برداشت بالاتری دارد چون در مناطق گرمسیری بر اثر محدودیت آب، دوره پُرشدن دانه کوتاه می‌شود (Yoshida and Benta, 1983). با استفاده از مدل «آپسیم»^۱ در شبیه‌سازی عملکرد ذرت دانه‌ای (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴) با شاخص برداشت ۴۸ درصد و طول چرخه رشد ۱۵۳ روز برای منطقه کنگاور استان کرمانشاه، عملکرد زیست‌توده و دانه به ترتیب ۲۹/۹۹ و ۱۴/۴۰ تن در هکتار برآورد شد (Eyni Nargeseh et al., 2017).

گوجه‌فرنگی

میزان تولید ماده خشک کل و میوه گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱۹/۵۷ و ۱۲/۷۲ تن در هکتار برآورد شد. با در نظر گرفتن ۹۴ درصد رطوبت در زمان برداشت یا به

^۱ APSIM



شکل ۵- بارش مؤثر، نیاز آبی و نیاز آب آبیاری در طول چرخه رشد ذرت علوفه‌ای

Figure 5- Effective rainfall, water requirement and irrigation water requirement during the growth cycle of forage maize

از عوامل شایع که منجر به عدم تحقق عملکرد پتانسیل در منطقه می‌شود می‌توان به کمبود مواد آلی خاک (اغلب کمتر از ۱ درصد)، وجود کربنات کلسیم، درصد بالای سنگریزه، فرسایش جزئی (اتلاف مواد مغذی از سطح خاک) و خاک کم‌عمق اشاره کرد. علاوه بر این‌ها، در بسیاری از مواقع مدیریت زراعی به‌گونه‌ای است که نه تنها محدودیت‌ها کاهش نمی‌یابد بلکه بر دامنه محدودیت‌ها نیز افزوده می‌شود. برای مثال، شخم عمیق در خاک کم‌عمق موجب افزایش درصد سنگریزه در خاک سطحی (زراعی) می‌شود و یا عدم وجود بقایای گیاهی در زمین زراعی پس از برداشت محصول موجب کاهش بیش از پیش مواد آلی می‌گردد، زیرا زمین پس از برداشت مورد چرای دام قرار می‌گیرد یا اگر در تناوب با غلاتی مانند گندم باشد کاه و کلش آن به‌عنوان علوفه استفاده می‌شود. از دیگر موارد سو مدیریت به کشت دیرهنگام، عدم استفاده از بذر مرغوب، آبیاری و کوددهی نامناسب نیز می‌توان نام برد. برآوردهای نظری از پتانسیل عملکرد دانه ذرت به مقدار ۲۵ تن در هکتار (Tollenaar, 1983) و مثال‌هایی از تولید زارعین که به عملکرد دانه نزدیک به ۲۰ تن در هکتار دست یافته‌اند نیز موجود است (Tollenaar and Lee, 2002). همچنین، مطالعاتی به‌منظور برآورد پتانسیل عملکرد ذرت تحت شرایط رشد تقریباً مطلوب انجام گرفته است که در آن‌ها، عملکرد دانه ۱۴ تن در هکتار بوده است (Yang et al., 2004). داده‌های حاصل از ۳۳ آزمایش با ۴۰ مورد برآورد عملکرد ماده خشک و ۱۱۷ مورد برآورد عملکرد دانه ذرت در

مترمکعب در هکتار)، عملکردی معادل ۱۰۵/۸۶ تن در هکتار تولید کرد (da Silva et al., 2019). در ایتالیا، رقمی از گوجه‌فرنگی با تراکم ۲/۸ بوته در مترمربع با گذشت ۱۰۵ روز از انتقال نشاء به زمین اصلی، عملکردی برابر با ۱۳۴ تن در هکتار ایجاد کرد. البته میزان عملکرد تا انتهای چرخه رشد این گیاه در آن نواحی، ۱۵۰-۱۴۰ تن در هکتار عنوان شده است (Conversa et al., 2013).

نتیجه‌گیری

بازار مصرف رو به رشد فرآورده‌های غذایی حاصل از ذرت و گوجه‌فرنگی، کشاورزان زیادی را تشویق به کشت این دو گیاه می‌کند. در منطقه ابهر، پتانسیل تولید علوفه تر و خشک در ارقام هیبریدی ذرت متحمل به تراکم زیاد بوته در واحد سطح (۷-۱۰ بوته در مترمربع) و با شاخص سطح برگ ۳/۵، به ترتیب در حدود ۹۵/۵۶ و ۲۸/۶۷ تن در هکتار خواهد بود. پتانسیل عملکرد گوجه‌فرنگی با شاخص سطح برگ ۲/۸، شاخص برداشت ۶۵ درصد و چرخه رشد ۱۴۸ روز، معادل ۲۱۲ تن در هکتار خواهد بود که با توجه به ماهیت گیاه، این مقدار نیز می‌تواند از طریق بهبود سبزمانی بوته و طولانی شدن مرحله برداشت افزایش یابد. شناخت سطح بهینه عملکرد به تفسیر تفاوت عملکرد کمک شایانی می‌کند و بی‌تردید، بهبود کیفیت مدیریت زارعین یک منطقه نقش به‌سزایی در بروز پتانسیل ژنتیکی یا توان بالقوه گیاهان مذکور خواهد داشت.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از سازمان هواشناسی کشور به خاطر تأمین داده‌های موردنیاز جهت انجام تحقیق حاضر تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Adesogan, A. T., Newman, Y. C. 2010. Silage harvesting, storing, and feeding. University of Florida, IFAS Extension, SSAGR. 177p.
Agarwal, A., Ahmed, Z. 2011. Influence of plant density and environment on productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in Siachen Sector. *Progressive Horticulture*, 43(2): 307-311.
Aggarwal, P. K., Hebbar, K. B., Venugopalan, M.

عبارت دیگر ۶ درصد ماده خشک در میوه، عملکرد اقتصادی این محصول با چرخه رشد ۱۴۸ روز پس از انتقال نشاء به زمین اصلی و شاخص برداشت ۶۵ درصد، تقریباً ۲۱۲ تن در هکتار خواهد بود. در کشت آبی، عملکرد اقتصادی قابل قبول برای ارقام قدیمی ۴۵ تا ۶۵ تن در هکتار بوده و میانگین عملکرد کشاورز در شرایط کشت فاریاب نیز ۲۰ تا ۴۰ تن در هکتار است (Sys et al., 1993) و به طور کلی عملکرد هر بوته در فصل رشد بین ۴/۵۴-۳/۶۳ کیلوگرم خواهد بود. با توجه به ماهیت گیاه گوجه‌فرنگی (شبه چندساله)، میزان تولید این محصول می‌تواند از طریق حفظ سبزمانی بوته‌ها و بهره‌وری در طی دوره زمانی بلندمت، افزایش یابد (Kinet and Peet, 1977). به همین دلیل، بالاترین عملکردها در شرایطی ثبت شده‌اند که محصول برای مدت طولانی در مرحله داشت مانده است، برای مثال عملکرد حاصل از کشت گلخانه‌ای در انگلستان که مرحله برداشت از آوریل تا اواخر اکتبر بوده، ۴۶۹/۵ تن در هکتار گزارش شده است (Airman and Houter, 1990). در شرایط مزرعه‌ای، بالاترین عملکردها در اقلیم‌های خشک با خاک‌های حاصلخیز و آب آبیاری فراوان و همچنین وجود مدیریت مناسب، مشاهده شده‌اند (Stevens, 1986). در کالیفرنیا و اسرائیل، میزان عملکرد ۱۵۵ تن در هکتار با استفاده از آبیاری قطره‌ای ثبت شده است (Stevens, 1986). این عملکردها با توجه به دوره برداشت کوتاه محصول در شرایط مزرعه‌ای، بسیار چشمگیر بوده و با مقادیر ثبت‌شده عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای با فصل رشد و دوره برداشت طولانی قابل‌مقایسه هستند (Airman and Houter, 1990). در برزیل، هیبریدی از گوجه‌فرنگی پس از گذشت ۱۲۵ روز از استقرار نشاء در زمین، با مصرف ۶۱۵/۰۹ میلی‌متر آب در هکتار (۶۱۵۰/۹

V., Rani, S., Bala, A., Biswal, A., Wani, S. P. 2008. Quantification of yield gaps in rain-fed rice, wheat, cotton and mustard in India. *Global Theme on Agroecosystems Report*, 43: 29 p.
Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Abdashah, H., Kazemian, A., Rafiee, M. 2018. *Agricultural Statistics: Crops*. Ministry of Agriculture Jihad, 1, 116p. (In Farsi)

- Airman, D. P., Houter, G. 1990. Influence of radiation and humidity on transpiration: implications for calcium levels in tomato leaves. *Journal of Horticultural Science*, 65(3): 245-253.
- Akanbi, C. T., Oludemi, F. O. 2004. Effect of processing and packaging on the lycopene content of tomato products. *International Journal of Food Properties*, 7(1): 139-152.
- Allen, R. G., Smith, M. Pereira, L. S. 1994. An update for the definition of reference evapotranspiration. *ICID Bull*, 43: 1-34.
- Bhatia, V. S., Singh, P., Wani, S. P., Chauhan, G. S., Rao, A. K., Mishra, A. K., Srinivas, K. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(8-9): 1252-1265.
- Birch, C. J., McLean, G., Sawers, A. 2008. Analysis of high yielding maize production—a study based on a commercial crop. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(3): 296-303.
- Bozorgmehr, J., Nastari Nasrabadi, H. 2014. Effect of planting dates and cultivars on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 104: 160-164. (In Farsi)
- Calviño, P., Sadras, V. 2002. On-farm assessment of constraints to wheat yield in the south-eastern Pampas. *Field Crops Research*, 74(1): 1-11.
- Cassman, K. G., Dobermann, A., Walters, D. T., Yang, H. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1): 315-358.
- Choukan, R. 2012. Maize and its characteristics. Seed and Plant Improvement Institute of Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran, 466 p. (In Farsi)
- Ciampitti, I. A., Vyn, T. J. 2012. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Research*, 133: 48-67.
- Conversa, G., Lazzizzera, C., Bonasia, A., Elia, A. 2013. Yield and phosphorus uptake of a processing tomato crop grown at different phosphorus levels in a calcareous soil as affected by mycorrhizal inoculation under field conditions. *Biology and fertility of soils*, 49(6): 691-703.
- da Silva, C. J., Frizzone, J. A., Silva, C. A. D., Golynski, A., da Silva, L. F., Megguer, C. A. 2019. Tomato yield as a function of water depths and irrigation suspension Periods. *Agricultural and Environmental Engineering*, 23(8): 591-597.
- Darby, H. M., Lauer, J. G. 2002. Planting date and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, 94(2): 281-289.
- Doorenbos, J., Pruitt, W. O. 1977. Crop water requirement. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Irrigation and Drainage, 24: 144p.
- Evans, L. T., Fischer, R. A. 1999. Yield potential: its definition, measurement, and significance. *Crop science*, 39(6): 1544-1551.
- Eyni Nargeseh, H., Rahimi Moghaddam, S., Deihimfard, R., Mokhtassi-Bidgoli, A. 2017. Evaluation of Yield and Crop Water Requirement in Response to Change of Planting Date under Climate Change Conditions in Kermanshah Province. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 27(3): 171-186. (In Farsi)
- Gomez, K. A. 1977. On farm assessment of yield constraints: methodological problems. *Constraints to High Yields on Asian Rice Farms*; International Rice Research Institute. 1-16 pp.
- Grassini, P., Yang, H., Cassman, K. G. 2009. Limits to maize productivity in Western Corn-Belt: a simulation analysis for fully irrigated and rainfed conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(8): 1254-1265.
- Herdt, R. W., Mandac, A. M. 1981. Modern technology and economic efficiency of Philippine rice farmers. *Economic Development and Cultural Change*, 29(2): 375-399.
- Heuvelink, E. 1995. Dry matter partitioning in a tomato plant: one common assimilate pool. *Journal of Experimental Botany*, 46(8): 1025-1033.
- Heuvelink, E., Bakker, M. J., Elings, A., Kaarsemaker, R. C., Marcelis, L. F. M. 2004. September. Effect of leaf area on tomato yield. *International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys 2004*. 691: 43-50.
- Heuvelink, E., Marcelis, L. F. M., Bakker, M. J., Van der Ploeg, A. 2007. Use of crop growth models to evaluate physiological traits in genotypes of horticultural crops. *Frontis*, 221-231.
- Hmielowski, T. 2018. Maize yield potential. *Crops, Soils, Agronomy News*, 63(3): 8-9.
- Ho, L. C. 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 2(4): 277-285.

- Kinet, J. M., Peet, M. M. 1997. Tomato. In: H.C. Wien (Ed), The Physiology of Vegetable Crops. Wallingford, Oxon: CABI, 207-258.
- Law-Ogbomo, K. E., Egharevba, R. K. A. 2009. Effects of planting density and NPK fertilizer application on yield and yield components of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) in forest location. World Journal of Agricultural Sciences, 5(2): 152-158.
- Lindquist, J. L., Arkebauer, T. J., Walters, D. T., Cassman, K. G., Dobermann, A. 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. Agronomy Journal, 97(1): 72-78.
- Lobell, D. B., Cassman, K. G., Field, C. B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annual review of environment and resources, 34: 179-204.
- Lobell, D. B., Ortiz-Monasterio, J. I. 2006. Regional importance of crop yield constraints: Linking simulation models and geostatistics to interpret spatial patterns. Ecological Modelling, 196(1-2): 173-182.
- Meghdadi, N., Soltani, A., Kamkar, B., Hajarpoor, A. 2014. Agroecological zoning of Zanjan province for estimating yield potential and yield gap in dryland-base chickpea production systems. Journal of Plant Production Research, 21(3), 27-49. (In Farsi)
- Nissanka, S. P., Dixon, M. A., Tollenaar, M. 1997. Canopy gas exchange response to moisture stress in old and new maize hybrid. Crop Science, 37(1): 172-181.
- Ortiz-Monasterio, J. I., Lobell, D. B. 2007. Remote sensing assessment of regional yield losses due to sub-optimal planting dates and fallow period weed management. Field Crops Research, 101(1): 80-87.
- Prince, S. D., Haskett, J., Steininger, M., Strand, H., Wright, R. 2001. Net primary production of US Midwest croplands from agricultural harvest yield data. Ecological Applications, 11(4): 1194-1205.
- Ranjbar, M. H., Gherekhloo, J., Soltani, A. 2017. Effect of different tillage systems on growth indices and yield of *Zea mays* L. (corn forage). Iranian Journal of Field Crops Research, 15(2): 267-285. (In Farsi)
- Roth, G. W., Undersander, D. 1995. Corn silage production, management, and feeding. Corn silage production, management, and feeding. American Society of Agronomy, 574, 42 p.
- Sacks, W. J., Kucharik, C. J. 2011. Crop management and phenology trends in the US Corn Belt: Impacts on yields, evapotranspiration and energy balance. Agricultural and Forest Meteorology, 151(7): 882-894.
- Sadras, V., Roget, D., O'Leary, G. 2002. On-farm assessment of environmental and management constraints to wheat yield and efficiency in the use of rainfall in the Mallee. Australian Journal of Agricultural Research, 53(5): 587-598.
- Sadreghaen, H., Akbari, M., Afshar, H., Nakhjavani Moghadam, M. M. 2010. Effect of Three Methods of Micro - irrigation and Irrigation Levels on Yield of Tomato. Journal of Water and Soil, 24(3): 574-582. (In Farsi)
- Samaila, A., Amans, E. B., Abubakar, I. U., Babaji, B. A. 2011. Nutritional quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) as influenced by mulching, nitrogen and irrigation interval. Journal of Agricultural Science, 3(1): 266.
- Shi, J., Maguer, M. L. 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. Critical reviews in food science and nutrition, 40(1): 1-42.
- Spenceley, J., Butler, G., Nicholas, A., Simpfendorfer, S., Holland, J., Kniepp, J. 2005. Grain Sorghum. NSW Department Primary Industries, Sydney. Rep. (P3): 3-5.
- Stevens, M. A. 1986. Inheritance of tomato fruit quality components. Plant Breed Rev, 4: 273-311.
- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J. 1991. Land evaluation. Part I, principles in land evaluation and crop production calculation. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent. 274 p.
- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J., Beernaert, F. 1993. Land Evaluation. Part III: Crop Requirements. Agricultural Publications GADC, Brussels, Belgium, 7, 191 p.
- Tollenaar, M. 1983. Potential vegetative productivity in Canada. Canadian Journal of Plant Science, 63(1): 1-10.
- Tollenaar, M., Lee, E. A. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Research, 75(2-3): 161-169.
- Unkovich, M., Baldock, J., Forbes, M. 2010. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: examples from Australian agriculture. Advances in Agronomy, 105: 173-219.
- van Ittersum, M. K., Cassman, K. G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—a review. Field Crops Research, 143: 4-17.
- van Ittersum, M. K., Rabbinge, R. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. Field Crops Research, 52(3): 197-208.

- Van Wart, J., van Bussel, L.G., Wolf, J., Licker, R., Grassini, P., Nelson, A., Boogaard, H., Gerber, J., Mueller, N.D., Claessens, L., van Ittersum, M. K. 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. *Field crops research*, 143: 44-55.
- Yang, H. S., Dobermann, A., Lindquist, J. L., Walters, D. T., Arkebauer, T. J., Cassman, K. G. 2004. Hybrid-maize - a maize simulation model that combines two crop modeling approaches. *Field Crops Research*, 87(2-3): 131-154.
- Ying, J., Lee, E. A., Tollenaar, M. 2002. Response of leaf photosynthesis during the grain-filling period of maize to duration of cold exposure, acclimation, and incident PPFD. *Crop Science*, 42(4): 1164-1172.
- Yoshida, S., Benta, W. H. 1983. Potential productivity of field crops under different environments. *International Rice Research Institute*, 15, 155-180.
- Zalom, F. G., Wilson, L. T. 1998, May. Predicting phenological events of California processing tomatoes. VI International Symposium on Processing Tomato and Workshop on Irrigation and Fertigation of Processing Tomato, 487: 41-48.
- Zhao, J., Li, K., Wang, R., Tong, Z., Zhang, J. 2019. Yield Data Provide New Insight into the Dynamic Evaluation of Maize's Climate Suitability: A Case Study in Jilin Province, China. *Atmosphere*, 10(6), 305-319.

Estimating the potential yield of forage maize and tomato crops under radiation-thermal condition of “Abhar” region, Iran

F. Bayat¹, M. R. Jahansuz^{2*}, M. B. Hosseini³, F. Sarmadian⁴, Gh. Peykani Machiani⁵, M. Oveisi³

Received: 19/02/2020

Accepted: 21/10/2020

Abstract

Potential yield of a specific crop cultivar is obtained when it is grown with water and nutrients non-limiting and biotic stress (pest and diseases) effectively controlled. In 2019, a study was conducted to estimate the potential Total Dry Matter (TDM) of forage maize and tomato under optimum growth conditions, using FAO growth model under climatic condition of Abhar region, Iran. The results showed that the potential yield of TDM and the grain in hybrid cultivars of maize which are tolerant to high plant density with leaf area index of 3.5, harvest index of 52% and growing season of 125 days, will be about 28.67 and 14.91 t.ha⁻¹, respectively. The potential yield of tomato with leaf area index of 2.8, harvest index of 65% and growing season length of 148 days will be 212 t.ha⁻¹. Considering the perennial nature of the latter; its yield might be increased by prolonging the harvesting period. According to the length of growth season of maize and tomato crops, the irrigation water requirement was estimated 703.9 and 830.1 mm, respectively. Findings of the study may be applied in improving the yield of study crops using revised management options under climatic conditions of the region.

Keywords: Potential yield, FAO growth model, Summer crop, Iran



¹ Ph.D. student of Crop Ecology, Department of Agronomy and plant breeding, College of Agricultural Sciences and engineering, University of Tehran, Karaj, Iran

² Professor, College of Agriculture and Natural Resources of Karaj, Faculty of Agriculture and Animal Sciences, Department of Agriculture and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran

(*Corresponding Author Email Address: Jahansuz@ut.ac.ir)

³ Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran

⁴ Professor of Soil Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran

⁵ Assistant professor of Agricultural Economic, University of Tehran, Karaj, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

بیات، ف.، جهان‌سوز، م.ر.، حسینی، م.ب.، سرمیدیان، ف.، پیکانی ماجیانی، غ.ر.، اویسی، م. ۱۳۹۹. برآورد عملکرد بالقوه گیاهان ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی بر اساس رژیم تابشی-گرمايي منطقه ابهر. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۸(۲): ۱۴-۲۵. DOI: 10.22125/agmj.2020.220038.1089

Bayat, F., Jahansuz, M.R., Hosseini, M.B., Sarmadian, F., Peykani Machiani, Gh., Oveisi, M. Estimating the potential yield of forage maize and tomato crops under radiation-thermal condition of “Abhar” region, Iran. Journal of Agricultural Meteorology, 8(2): 14-25. DOI: 10.22125/agmj.2020.220038.1089