نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره پنجم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

مقایسه فراسنج‌های دمایی اندازه‌گیری‌شده در شالیزار و ایستگاه هواشناسی

ابراهیم اسعدی‌اسکویی[۱]، *محمد موسوی‌بایگی[۲]، محمدرضا یزدانی[۳] و امین علیزاده[۲]

[۱]دانشجوی دکتری گروه هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد،
[۳]استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۹

چکیده

سابقه و هدف: دما یکی از اساسی‌ترین فراسنج‌های هواشناسی است که کاربردهای فراونی در علوم و فنون کشاورزی دارد. هدف از انجام این پژوهش مقایسه داده‌های ثبت‌شده در یک ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استاندارد (هواشناسی کشاورزی رشت) و دمای ثبت شده در شالیزار و در ارتفاع میانگین سایه‌انداز برنج است.

مواد و روش‌ها: برای این منظور دمای شالیزار در پناهگاه هواشناسی استاندارد، با دو روش دماسنجی و دمانگاری و در ارتفاع ٦٥ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد و با داده‌های ایستگاه هواشناسی کشاورزی در مجاورت مزرعه مقایسه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که روند تغییرات دما در طول فصل در ایستگاه و مزرعه و در تمام اندازه‌گیری‌ها افزایشی است اما میزان افزایش در بیشینه‌ها بیشتر از کمینه‌ها است. نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد که توسعه سایه‌انداز موجب به وجود آمدن اختلافات معنی‌دار در اندازه‌گیری‌های مزرعه و ایستگاه می‌گردد. اختلافات در دمای بیشینه بیش‌تر از دماهای کمینه هستند و نشان‌دهنده این است که خرد اقلیم مزرعه بر کاهش بیشینه‌های دما مؤثرتر است. اختلاف دماسنجی (روزانه) مزرعه و ایستگاه در کل فصل بین دمای میانگین و بیشینه به‌ترتیب ۱/۱ و ۱/٦ درجه سلسیوس می‌باشد، اما کمینه‌ها اختلاف معنی‌دار ندارند. درجه روز رشد (GDD) محاسبه شده از سه منبع اندازه‌گیری این پژوهش با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند و نشان‌دهنده اهمیت دقت در محاسبه این فراسنج در هواشناسی کشاورزی است. پیش از پایان مرحله رشد (مرحله دوم) اختلاف معنی‌داری بین دماسنجی در مزرعه و ایستگاه وجود ندارد و داده‌های ایستگاهی مستقیماً به‌جای داده‌های مزرعه‌ای قابل استفاده‌اند. بیش‌ترین اختلافات در مرحله میانی رشد و مرحله انتهایی (۰/۹ و ۲/۳ درجه سلسیوس در میانگین و ۱/٤ و ۲/۹ درجه سلسیوس در بیشینه) دیده می‌شوند. بیشینه و میانگین دمای کل دوره در ایستگاه با ضرایب تبیین ۰/۷۹ و ۰/۷٤ به مقادیر مزرعه‌ای تبدیل می‌گردند. با قطع آبیاری و ورود گیاه به مرحله رسیدگی کامل دوباره شباهت بین اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و ایستگاهی بیش‌تر می‌شود. به‌دلیل تداوم بیش‌تر دماهای کمینه نسبت به دمای بیشینه و وجود زمان کافی برای تطبیق سنجنده، کمینه‌های ثبت‌شده در دمانگار نسبت به بیشینه‌ها اختلاف کمتری با داده‌های دماسنجی در ایستگاه دارند.

* مسئول مکاتبه: mousavib@um.ac.ir

نتیجه‌گیری: تکمیل پوشش گیاهی و سایه‌انداز شالیزار موجب به وجود آمدن اختلاف معنی‌دار در مزرعه و ایستگاه می‌شود و این اختلاف در بیشینه بیش از کمینه است. در صورت به‌کارگیری داده‌های دمانگار و استخراج بیشینه و کمینه چنان‌چه تداوم دما در ساعاتی طولانی‌تر باشد احتمال مشاهده نتایج دقیق‌تر در گراف دمانگار بیش‌تر است. اگرچه روند افزایش دما در هر دو فراسنج بیشینه و کمینه افزایشی است اختلاف دمای بیشینه و کمینه در تمامی روش‌های اندازه‌گیری در طول فصل افزایش می‌یابد. وقوع بارندگی باعث کاهش اختلاف دمای بیشینه و کمینه می‌گردد. با قطع آبیاری و ورود گیاه به مرحله رسیدگی اختلاف ایستگاه و مزرعه معنی‌دار نیست.

واژه‌های کلیدی: دمای ایستگاه، دمای شالیزار، دماسنجی، دمانگاری، کمینه و بیشینه دما

مقدمه

به‌طور معمول داده‌های هواشناسی به‌کار رفته در محاسبات و فنون کشاورزی در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شوند. گذشته از آن‌که ایستگاه هواشناسی چه فاصله‌ای با مزرعه مورد نظر دارد، شرایط اندازه‌گیری فراسنج‌های جوی در ایستگاه‌های هواشناسی و مزرعه متفاوت هستند. از فراسنج‌های پایه و مهم در هواشناسی کشاورزی دما است که تحت عنوان دمای بیشینه، دمای کمینه و میانگین روزانه در بیش‌تر فرمول‌ها و مدل‌های کشاورزی به‌کار می‌رود. بر خلاف بسیاری از فراسنج‌های دیگر (تابش، تبخی- تعرق و ...) که از راه تخمین و برآورد نیز به‌دست می‌آیند، فراسنج‌های دمایی قابل تخمین نیستند و باید از داده‌های دیده‌بانی‌شده برای برآورد سایر فراسنج‌ها استفاده کرد. اگرچه پاره‌ای از روش‌ها و مدل‌های هواشناسی کشاورزی با دمای ایستگاه واسنجی شده‌اند (٤)، اما در بسیاری از موارد داده‌های ایستگاه مستقیماً مبنای محاسبه قرار می‌گیرند. به‌دلیل تأثیر وجود گیاه، تیمارهای آبیاری و سایر تغییرات ایجاد شده در مزرعه انتظار بر این است که داده‌های دمایی درون‌مزرعه‌ای با دمای اندازه‌گیری‌شده (به‌خصوص در زراعت برنج) یکسان نباشند (۱۲).

سنجش دما در ایستگاه‌های کلاسیک (غیرخودکار) هواشناسی به دو روش انجام می‌گیرد. یکی با استفاده از دماسنج‌های جیوه‌ای که قرائت دما در این روش به‌صورت گسسته و در ساعت‌های مشخصی صورت می‌گیرد و دیگری با استفاده از دستگاه ثبات (دمانگار) که نوسانات دما را به‌صورت پیوسته بر روی گراف‌های مخصوص ثبت می‌نماید. به‌دلیل ساختار و بالا بودن حساسیت دماسنج‌ها نسبت به دستگاه‌های دمانگار معمولاً معیار ثبت و گزارش دما، داده‌های قرائت شده از دماسنج است (۸). با این‌حال داده‌های ثبت‌شده بر روی گراف‌های دمانگار به‌دلیل پیوستگی و ثبت پیوسته اطلاعات به‌خصوص در ساعت‌ها و شرایطی که امکان خواندن توسط پژوهشگر یا دیده‌بان وجود نداشته باشد، دارای ارزش خاص خود هستند. در صورتی‌که بین داده‌های گراف و دماسنجی اختلاف باشد، معیار داده‌های دماسنجی است و داده‌های گراف باید بر این اساس تصحیح گردند (۸).

دماسنجی در ایستگاه‌های سینوپتیک (همدیدی) در داخل پناهگاه استاندارد هواشناسی انجام می‌شود. ارتفاع کف پناهگاه هواشناسی از سطح زمین ۱/۸ متر می‌باشد و معمولاً مخزن دماسنج در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از کف پناهگاه قرار می‌گیرد (۸). ارتفاع گیاه برنج (رقم هاشمی) در آغاز فصل نشاء در حدود

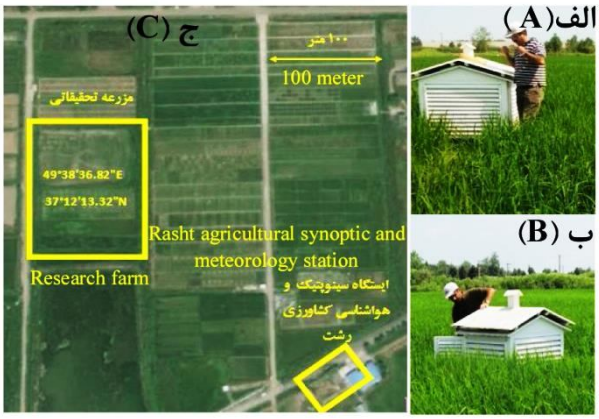
۱۵ سانتی‌متر و در زمان حداکثر رشد طولی به ۱۳۰ سانتی‌متر می‌رسد و بنابراین با توجه به گرادیان دما نسبت به ارتفاع در این محدوده‌های ارتفاعی به نظر می‌رسد دمای هوا در ارتفاع متوسط کانوپی برنج (٦٥ سانتی‌متری) باید نسبت به دمای دومتری دیده‌بانی‌شده در ایستگاه متفاوت باشد. همچنین پس از طی‌شدن مراحل آغازین رشد گیاه و توسعه سایه‌انداز، شرایط لایه مرزی در سطح زمین با وضعیت استاندارد سکوی هواشناسی متفاوت است (۱۰). سومین عامل ایجاد تفاوت، وضعیت رطوبتی خاک در سکوی هواشناسی و شالیزار است. شالیزار (به‌خصوص در مدیریت‌های سنتی آبیاری) معمولاً غرق‌آب است در حالی‌که در سکوی هواشناسی در فصل کشت برنج به ندرت و تنها در هنگام وقوع بارش‌های شدید و با تداوم طولانی غرق‌آب می‌شود.

به‌دلیل بالاتر بودن دما و پایین بودن رطوبت ایستگاه نسبت به مزرعه، استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی برای تعیین ET_o باعث خطای زیادی در طراحی و برنامه‌ریزی سیستم‌ها و مدیریت‌های آبیاری خواهد شد (۱۳). اختلاف شرایط پیرامون ایستگاه در داده‌های ثبت‌شده در حدی است که توصیه شده است که برای برآورد ET_o از داده‌های ایستگاه‌های واقع در اراضی کشاورزی خوب آبیاری شده استفاده شود و حداقل فاصله نصب ایستگاه تا مرز زمین که در سمت باد قرار گرفته حداکثر ۱۰۰ برابر بیش‌تر از ارتفاع ادوات اندازه‌گیری پارامترهای هوا باشد (۳). شولر و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی دما، رطوبت و شاخص دما- رطوبتی که بر اساس داده‌های ایستگاه استاندارد هواشناسی و همچنین اندازه‌گیری‌های میدانی در ۷ مرکز پرورش دام انجام شد، اعلام نمودند که دما و شاخص دما- رطوبتی ایستگاه و مراکز مورد بررسی به‌طور معنی‌داری با هم اختلاف دارند و باید این فراسنج‌ها به‌طور مستقیم در محل اندازه‌گیری شوند تا شناسایی تنش‌های دمایی بالقوه به درستی انجام پذیرد (۱۱). تمسگن و همکاران (۱۹۹۱) رابطه‌هایی جهت تصحیح و تبدیل اندازه‌گیری‌های دمای ایستگاه به داده‌های اراضی کشاورزی و تحت آبیاری ارائه نمودند (۱۳) و محمدیان و همکاران (١٣٨٤) آن روابط را مستقیماً برای ۱۳۷ ایستگاه سینوپتیک در کشور محاسبه نمودند. نتایج نشان داد تبخیر- تعرق مرجع برای نواحی مرکزی و جنوب‌شرقی کشور به‌ترتیب ٦٥ و ٤١ درصد بیش‌تر برآورد می‌گردد (۷). لی و آلن (١٩٩٤) با بررسی ۱۸ موقعیت مختلف اندازه‌گیری به این نتیجه رسیدند در مناطقی که آبیاری انجام نمی‌پذیرد میانگین دمای محیط به‌طور متوسط ۱/۸ درجه بیش‌تر از اراضی تحت آبیاری است. همچنین دمای کمینه در فصل رشد در منطقه تحت آبیاری به‌طور متوسط ۰/۷ درجه کم‌تر خواهد بود (٦). آلن و همکاران (۱۹۸۳) در بررسی مقادیر تبخیر و تعرق به‌دست آمده از داده‌های دمای دو ایستگاه که در اراضی خشک و دو ایستگاه که در اراضی فاریاب قرار داشتند اعلام نمودند که استفاده از داده‌های منطقه خشک باعث بیش برآورد تبخیر و تعرق به‌میزان ۱۷ درصد در طول فصل رشد و ۲۱ درصد در ماه ژوئیه می‌گردد، این اثر در ماه می حداقل بوده است (۲). امیری‌تبار (۱۳۹۳) با استفاده از داده‌های یک دوره ٤ ساله از دو ایستگاه هواشناسی نزدیک به هم، یکی مستقر در محیط خشک و دیگری مستقر در اراضی تحت آبیاری (یونجه) مقادیر تبخیر- تعرق مرجع را با استفاده از روش پنمن مانتیث محاسبه کرد. نتایج نشان داد دمای ماکزیمم و تبخیر- تعرق پتانسیل دارای اختلاف معنی‌داری نبوده‌اند (٤). علیزاده و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی نقش داده‌های دمای ایستگاه هواشناسی بر مقادیر تبخیر و تعرق محاسبه شده به این نتیجه رسیدند که اصلاح دمای ایستگاه هواشناسی روی نتایج محاسبه تبخیر از روش هارگریوز سامانی

اثری نداشته است، اما در سه روش فائو ٥٦، پریستلی تیلور و جنین هیز اصلاح دما به بهبود برآورد تبخیر و تعرق روزانه انجامیده است (۱).

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش در یکی از مزارع مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهر رشت بوده است. فاصله این زمین زراعی تا ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت ۲۵۰ متر می‌باشد و ملاک مقایسه داده‌های اندازه‌گیری‌شده در شالیزار دیده‌بانی‌های استاندارد این ایستگاه می‌باشند. برای سنجش دما در شالیزار، یک دستگاه پناهگاه هواشناسی (جعبه اسکرین) به محل مزرعه منتقل و در محل از پیش تعیین شده نصب گردید (شکل ۱). نصب پناهگاه هواشناسی به‌گونه‌ای انجام گرفت که ارتفاع تقریبی مخزن دماسنج‌های کمینه و بیشینه و سنسور دمانگار در داخل پناهگاه حدوداً در ارتفاع ٦٥ سانتی‌متری از سطح زمین (متوسط ارتفاع سایه‌انداز) قرار گیرد. پناهگاه به‌گونه‌ای مستقر شد که جریان هوا زیر پناهگاه به‌راحتی انجام پذیرد و ارتفاع تقریبی کف زیرین پناهگاه از سطح مزرعه حدود ۳۰ سانتی‌متر بود. عملکرد دماسنج‌ها و دمانگار پیش از استقرار در مزرعه به‌مدت یک هفته در ایستگاه هواشناسی کنترل و دستگاه دمانگار نیز بر اساس اندازه‌گیری داده‌های ایستگاه تنظیم شد.

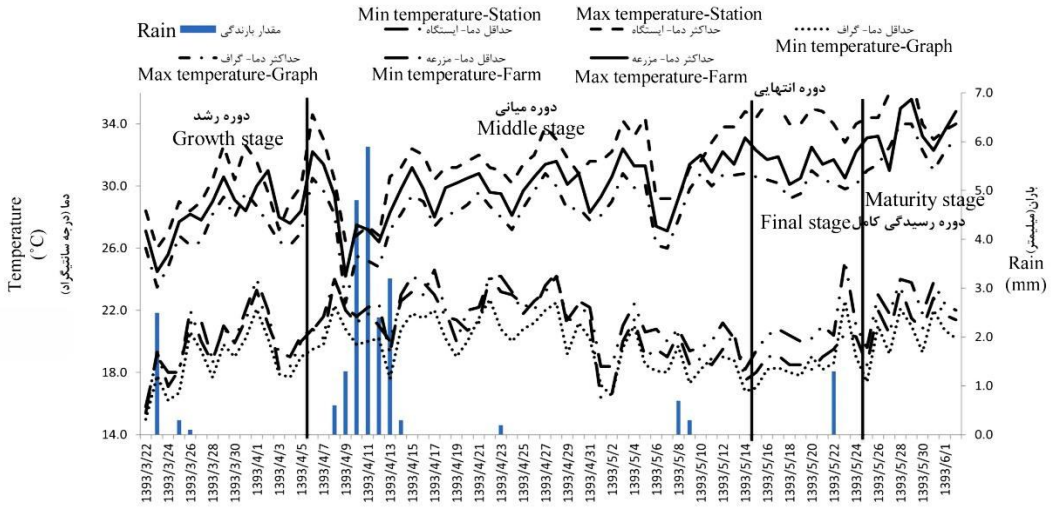


شکل ۱- الف و ب: تصاویری از اندازه‌گیری‌های دما در مزرعه و در زمان‌های مختلف. ج: شمای موقعیت مزرعه تحقیقاتی و ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت.

Figure 1. A and B) pictures of temperature measurements in the field at different times; c) plan of farm location and Rasht agricultural meteorology station.

نتایج و بحث

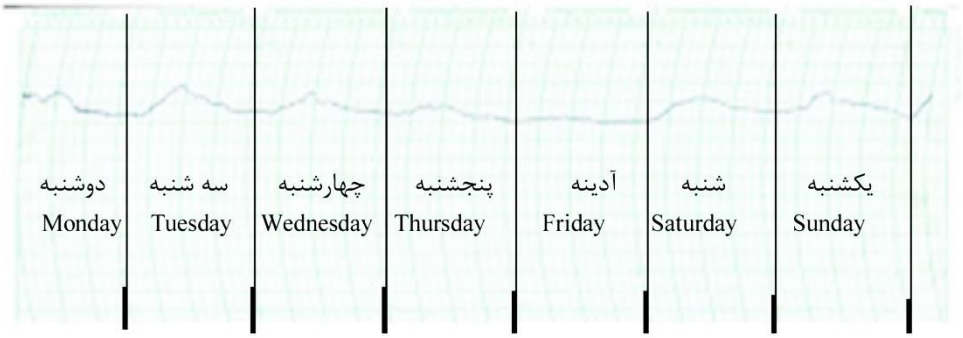
روند کلی داده‌ها در طول فصل: عملیات نشاء در مزرعه در ۳ خرداد ۱۳۹۳ انجام گرفت و اندازه‌گیری‌ها دو هفته بعد از نشاءکاری و ورود به مرحله رشد رویشی آغاز شد و تا زمان برداشت کامل محصول به‌مدت ۷٤ روز، اندازه‌گیری به‌صورت روزانه ادامه داشت. نوسانات دمای بیشینه و کمینه در دوره و برای دماسنج ایستگاه، دماسنج مزرعه و دمانگار مزرعه در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲- نوسانات دماهای بیشینه و کمینه در طول دوره‌های مختلف رشد در مزرعه و ایستگاه.

Figure 2. Fluctuations of maximum and minimum temperature during different stages of growth at farm and station.

بررسی داده‌های دما نگار نشان می‌دهد که تداوم زمانی دمای کمینه در شبانه روز طولانی‌تر از تداوم دمای بیشینه است و در یک سیکل شبانه‌روزی اندازه‌گیری پیوسته دما، دمای بیشینه دارای نقطه اوج مشخصی است (شکل ۳).



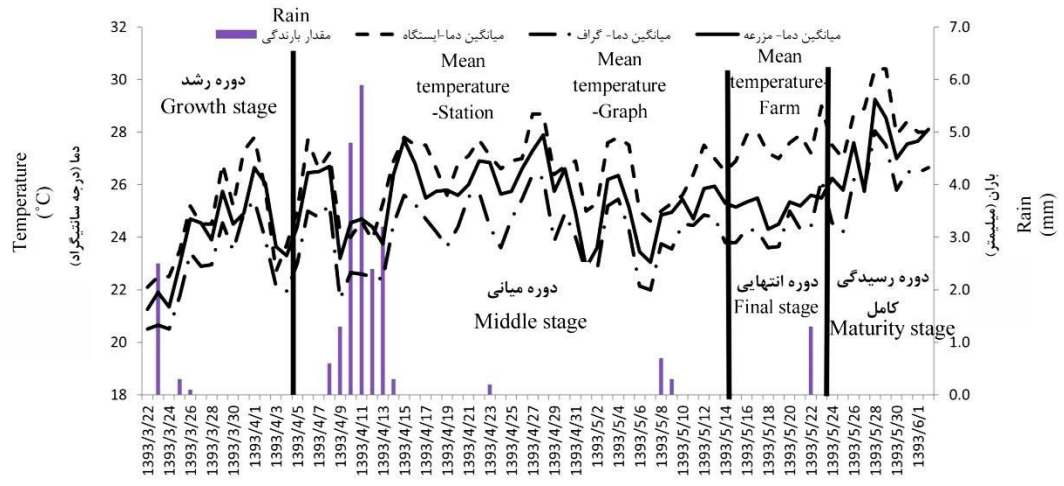
شکل ۳- نمونه‌ای از گراف‌های دستگاه دمانگار در یک دوره هفت روزه (تیرماه).

Figure 3. An example of graphs of thermograph device in a seven-day period (Tir).

از اواخر دوره میانی تا قطع آبیاری اختلاف در کمینه بین اندازه‌گیری‌های ایستگاهی و مزرعه‌ای افزایش می‌یابد. پس از قطع آبیاری و دوره رسیدن کامل این اختلاف کاهش می‌یابد. تغییرات دمای بیشینه در هر سه اندازه‌گیری مشابه است و افزایش می‌یابد. اگرچه کمینه‌ها در طول فصل افزایش می‌یابند اما افزایش آن‌ها نسبت به بیشینه کم‌تر است و در مقطعی کاهشی نیز هست. روندها در هر سه اندازه‌گیری مشابه است و تابعی از استقرار سیستم‌های جوی در این دوره است. وقوع بارندگی، به‌خصوص با تداوم بیش از یک روز موجب کاهش بیشینه و افزایش کمینه شده است و دامنه تغییرات دما را کاهش داده است. در نگاه کلی به روند تغییرات داده‌ها در طول دوره در بیشینه، اندازه‌گیری‌های دمانگار از دو

اندازه‌گیری دیگر مقادیر کم‌تری را نشان می‌دهد و این امر بیانگر حساسیت کم‌تر دمانگار به بیشینه می‌باشد. اگرچه در حالت کلی اختلاف دمای دماسنج‌های کمینه و بیشینه با اختلاف دمای بیشینه و کمینه دمانگار در یک روز معین یکسان نباشد به معنای غیردرست بودن عملکرد دما نگار است (۹)، اما بررسی گراف‌های این پژوهش نشان از تداوم بیش‌تر دمای کمینه نسبت به دمای بیشینه دارد و دمای کمینه به دمانگار فرصت بیش‌تری برای واکنش به دمای محیط داده است.

در بیشینه‌ها با گذر زمان و توسعه سایه‌انداز اختلاف بین اندازه‌گیری‌های ایستگاهی و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای (دماسنج و دمانگار) بیش‌تر می‌شود. این اختلاف در کمینه‌ها کم‌تر است و نشان می‌دهد میزان تأثیر رشد و نمو گیاهی بر دمای بیشینه محیط مزرعه بیش از دمای کمینه است. اختلاف در دمای کمینه در سه روش در اول فصل کم‌تر و پس از ورود گیاه به مراحل میانی و پایانی بیش‌تر است. از میانگین‌گیری مقادیر بیشینه و کمینه در هر سری اندازه‌گیری، میانگین روزانه اندازه‌گیری‌ها به‌دست آمده است (شکل ٤). نمودار میانگین‌ها نشان‌دهنده روند افزایش نسبی دما در هر سه سری اندازه‌گیری است. با ورود به مرحله میانی به‌تدریج فاصله بین داده‌های دماسنجی در مزرعه و ایستگاه بیش‌تر و مزرعه خنک‌تر از ایستگاه می‌شود. با قطع آبیاری و ورود گیاه به مرحله رسیدن از اختلاف اندازه‌گیری‌ها کاسته می‌شود. میانگین محاسبه شده از داده‌های گراف در طول دوره از دو اندازه‌گیری دیگر کم‌تر است. اگرچه ممکن است بخشی از این اختلاف به تنظیمات دستگاه مربوط باشد اما همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد میزان اختلاف بیشینه‌های دمانگار نسبت به کمینه‌ها فاصله بیش‌تری با سایر روش‌ها دارد. در روزهای بارندگی دما در هر سه سری اندازه‌گیری کاهش یافته است.

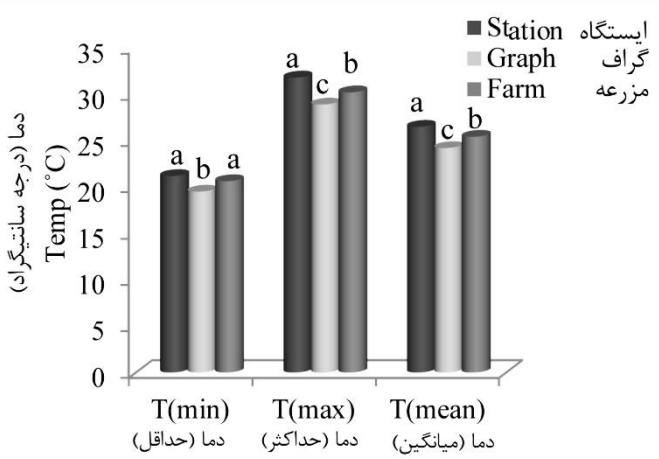


شکل ٤- تغییرات میانگین روزانه اندازه‌گیری‌های دما در دوره رشد.

Figure 4. The changes of the average of temperature daily measurements in growing stage.

برای بررسی میزان اختلاف داده‌های ایستگاه و شالیزار با استفاده از آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (روش توکی) داده‌ها در پنج دوره کامل، رشد (از ۱۰ تا ۹۰ درصد پوشش)، میانی، انتهایی و رسیدگی (فائو ٥٦) دسته‌بندی و آزمون شدند.

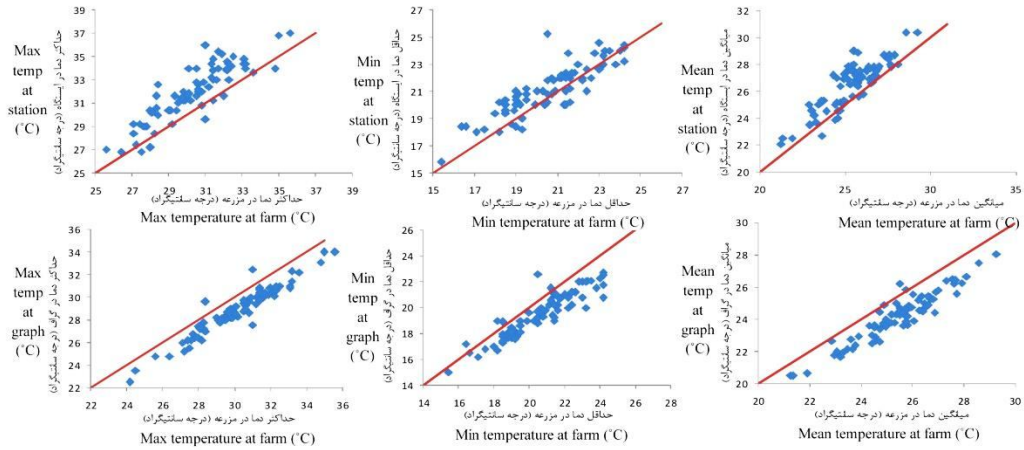
نتایج آزمون تجزیه واریانس برای اندازه‌گیری‌های دما در کل دوره: نتایج آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری کمینه دماسنجی در مزرعه و ایستگاه است. کمینه دمانگاری در گروه دوم قرار می‌گیرد. در بیشینه‌ها، داده‌های دماسنج (مزرعه و ایستگاه) و دمانگار مزرعه در سه گروه مجزا قرار می‌گیرند (شکل ۵). بنابراین حضور گیاه در مزرعه بیش از آن که بر کمینه تأثیرگذار باشد بر بیشینه تأثیرگذار بوده است. از آن‌جا که بیشینه معمولاً در ساعات (تابستانی) ١٤ الی ١٦ محلی رخ می‌دهد و تحت‌تأثیر تابش خورشید قرار دارد، شرایط مزرعه‌ای (وجود گیاه و سایه‌اندازی، تفاوت سرعت باد، وجود آب در سطح زمین و ...) در میزان تابش دریافتی در خرد اقلیم مزرعه مؤثر است و به کاهش دمای شالیزار در روز کمک می‌کنند. این شرایط در شب و تبادلات انرژی شبانه تأثیر کم‌تری دارد و اختلاف کمینه در ایستگاه و مزرعه معنی‌دار نیست. اختلاف کمینه و بیشینه‌های ثبت‌شده در گراف درون مزرعه نیز نشان می‌دهد داده‌های به‌دست آمده از دمانگار نیاز به تصحیح دارند.



شکل ۵- مقایسه میانگین مقادیر دمای اندازه‌گیری‌شده با دماسنج و دمانگار در کل دوره.

Figure 5. Compare mean of measured temperature with a thermometer and thermograph at whole period.

بررسی میانگین روزانه دما نشان می‌دهد که سه سری اندازه‌گیری در سه گروه قرار می‌گیرند (شکل ۵). بنابراین در حالت کلی و در مقیاس روزانه بین داده‌های اندازه‌گیری‌شده در مزرعه و ایستگاه اختلاف معنی‌دار وجود دارد. پراکنش یک به یک بیشینه، کمینه و میانگین اندازه‌گیری‌ها در کل دوره در شکل ٦ نشان داده شده است. دمای اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه (دمای بیشینه و میانگین) بیش‌تر از دمای اندازه‌گیری‌شده در مزرعه است، اما نقاط مربوط به مقایسه دمای حداقل تقریباً در اطراف خط ۱:۱ پراکنده هستند. دمای حداقل، حداکثر و میانگین در گراف‌ها کم‌تر از دماسنجی در مزرعه است. اکثر مطالعات انجام‌شده نشان‌دهنده نقش پوشش گیاهی و آبیاری در کاهش دمای مزرعه نسبت به ایستگاه می‌باشند.



شکل ٦- مقایسه یک به یک دماهای ایستگاه و دمانگار مزرعه با دماسنج در کل دوره.

Figure 6. Comparison of station temperature and field thermograph at whole period in 1:1 graph.

مطابق جدول ۱ قابل مشاهده است که دمای بیشینه و میانگین مزرعه با استفاده از توابع زیر و با ضرایب تبیین ۰/۷۹ و ۰/۷٤ با استفاده از دمای اندازه‌گیری‌شده و دماسنج در ایستگاه هواشناسی قابل تخمین است.

جدول ۱- روابط رگرسیونی به‌دست آمده برای تخمین دما در ارتفاع متوسط سایه‌انداز از دمای ایستگاه.

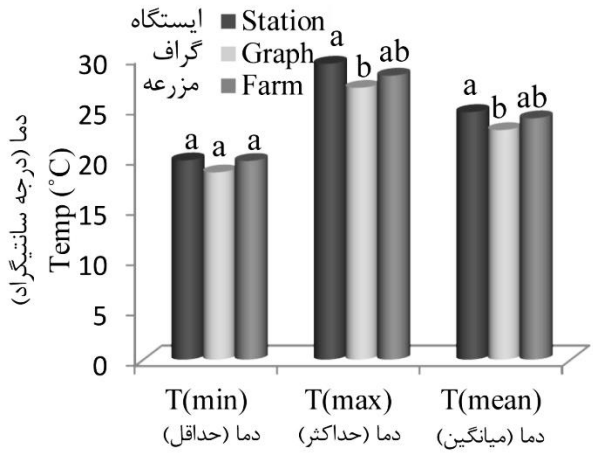
Table 1. The obtained regression equations from station temperature to estimate the temperature at an average elevation of canopy.

دما (Temperature)	تابع (Function)	ضریب تعیین (R^2)
حداکثر دمای مزرعه (کل دوره) (Farm max temp, whole period)	$T_{max}=5.061+0.791T_{max(St)}$	0.79^{**}
میانگین دمای مزرعه (کل دوره) (Farm mean temp, whole period)	$T_{mean}=5.115+0.766T_{mean(St)}$	0.74^{**}
حداکثر دمای مزرعه (دوره میانی) (Farm max temp, middle stage)	$T_{max}=4.716+0.801T_{max(St)}$	0.80^{**}
میانگین دمای مزرعه (دوره میانی) (Farm mean temp, middle stage)	$T_{mean}=3.637+0.828T_{mean(St)}$	0.70^{**}
حداقل دمای مزرعه (دوره انتهایی) (Farm min temp, final stage)	$T_{min}=10.074+0.423T_{min(St)}$	0.81^{**}

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

از آن‌جا که دستگاه‌های ثبات دما دارای مکانیزم تنظیم هستند میزان همبستگی داده‌های ایستگاه و داده‌های گراف مزرعه مورد بررسی قرار نگرفت و معادلات رگرسیون تنها برای بررسی رابطه اندازه‌گیری دماسنجی مزرعه با دماسنجی ایستگاه ساخته شدند. مجموع نیاز حرارتی تجمعی این دوره ۷٤ روزه (۱۹ روز پس از نشا تا روز برداشت) که با دمای پایه ۱۲ درجه سلیوس و از داده‌های دماسنجی ایستگاه، دماسنجی مزرعه و دمانگار مزرعه به‌دست آمده است به‌ترتیب معادل ۱۰۷۳/۱، ۹۹۳/۵، ۹۰۳/۳ درجه روز است که بر اساس آزمون تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با اختلاف معنی‌دار در سه گروه مجزا قرار گرفت.

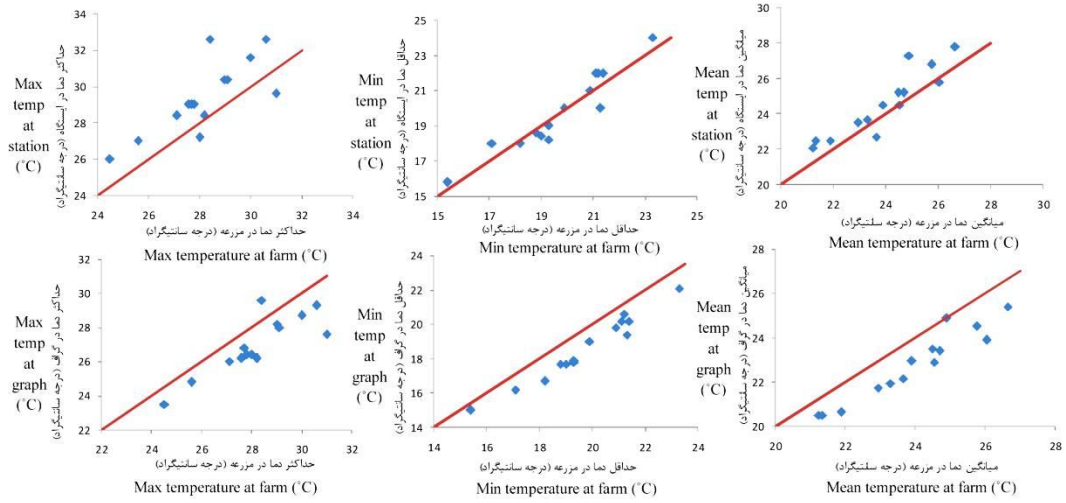
نتایج آزمون تجزیه واریانس برای اندازه‌گیری‌های دما در دوره‌های مختلف رشد: دوره اولیه رشد (که پس از دوره پاگیری آغاز می‌گردد) تا زمانی ادامه دارد که گیاه به حداکثر پنجه‌زنی برسد و تقریباً حدود ۹۰ درصد سطح زمین را بپوشاند. این دروه در آزمایش حاضر از ۸ خرداد آغاز گردید و در ٤ تیرماه خاتمه یافت. اما همان‌طور که اشاره شد اندازه‌گیری دما در این دوره از ۲۲ خرداد آغاز شده است. در این دوره اختلاف معنی‌داری در دمای کمینه هیچ‌کدام از روش‌های اندازه‌گیری وجود ندارد. در بیشینه اندازه‌گیری‌های درون‌ایستگاهی و دماسنجی درون‌مزرعه‌ای اختلاف معنی‌دار ندارند. همچنین دماسنجی درون‌مزرعه‌ای به‌صورت مشترک در گروه دوم با دمانگاری درون‌مزرعه‌ای قرار می‌گیرند. بررسی میانگین روزانه نیز گروه‌بندی مشابهی را با بیشینه‌ها نشان می‌دهد. بنابراین اگرچه محیط آبی خاکی شالیزار با سکوی هواشناسی متفاوت است اما تا زمانی که گیاه به رشد کامل نرسیده است اختلاف معنی‌داری بین دماسنجی در مزرعه و ایستگاه وجود ندارد. داده‌های دمانگار هم اگرچه دارای اختلاف با ایستگاه هستند اما با دماسنجی مزرعه‌ای در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین مقادیر دمای اندازه‌گیری‌شده با دماسنج و دمانگار در دوره رشد.

Figure 7. Compare mean of measured temperature with a thermometer and thermograph at the growth stage.

نمودار یک به یک در دوره رشد نشان می‌دهد بیشینه در ایستگاه بیش‌تر از بیشینه در مزرعه است، اما نقاط مربوط به حداقل و میانگین در اطراف خط ۱:۱ پراکنده هستند. دمانگار مزرعه دما را کم‌تر از دماسنجی مزرعه نشان می‌دهند (شکل ۸).



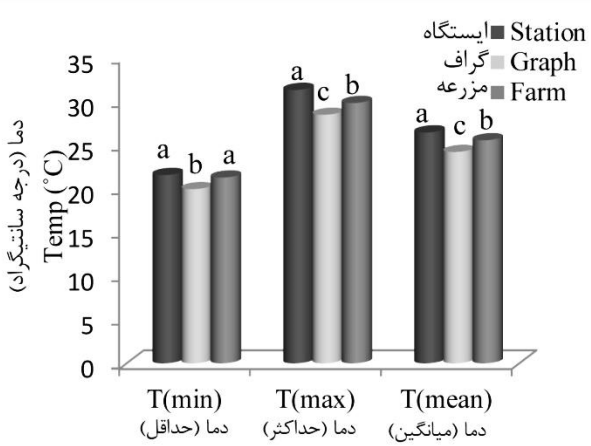
شکل ۸- مقایسه یک به یک دماهای ایستگاه و دمانگار مزرعه با دماسنج در دوره رشد از ۱۰ تا ۹۰ درصد پوشش.

Figure 8. Comparison of station temperature and field thermograph at growth stage in 1:1 graph.

مجموعه درجه روز رشد محاسبه شده در این ۲۷ روز، که از داده‌های دماسنجی ایستگاه، دماسنجی مزرعه و دمانگار مزرعه به‌دست آمده است به‌ترتیب معادل ۱۷۶/۱، ۱۶۷/۴، ۱۵۱ درجه روز است. دماسنجی ایستگاه در گروه اول و دمانگاری مزرعه در گروه دوم جای گرفته‌اند اما دماسنجی مزرعه به‌طور مشترک در هر دو گروه جای دارند.

نتایج آزمون تجزیه واریانس برای اندازه‌گیری‌های دما در دوره میانی: دوره میانی که از زمان پایان پنجه‌زنی آغاز می‌گردد، زمانی است که گیاه تقریباً به حداکثر سایه‌اندازی رسیده است و پس از آن به رشد طولی ادامه می‌دهد. این دوره در مزرعه مورد مطالعه از ۵ تیرماه آغاز گردیده و ۴۰ روز به طول انجامیده است و وضعیت گیاه از لحاظ پوشش، تراکم و حجم بوته در شالیزار نسبتاً ثابت بوده است. در این دوره اختلاف معنی‌داری بین کمینه دماسنجی درون‌مزرعه‌ای و ایستگاهی وجود ندارد و هر دو در یک گروه جای می‌گیرند (شکل ۹). اگرچه در بررسی نمودار روزانه کمینه‌ها در طول دوره با نزدیک شدن به انتهای دوره رویشی اختلاف بین دماسنجی ایستگاه و مزرعه افزایش می‌یابد اما این افزایش منجر به بروز تغییرات معنی‌دار در این دوره نمی‌شود. کمینه‌های به‌دست آمده از دمانگار با اختلاف معنی‌دار در گروه دوم قرار می‌گیرند.

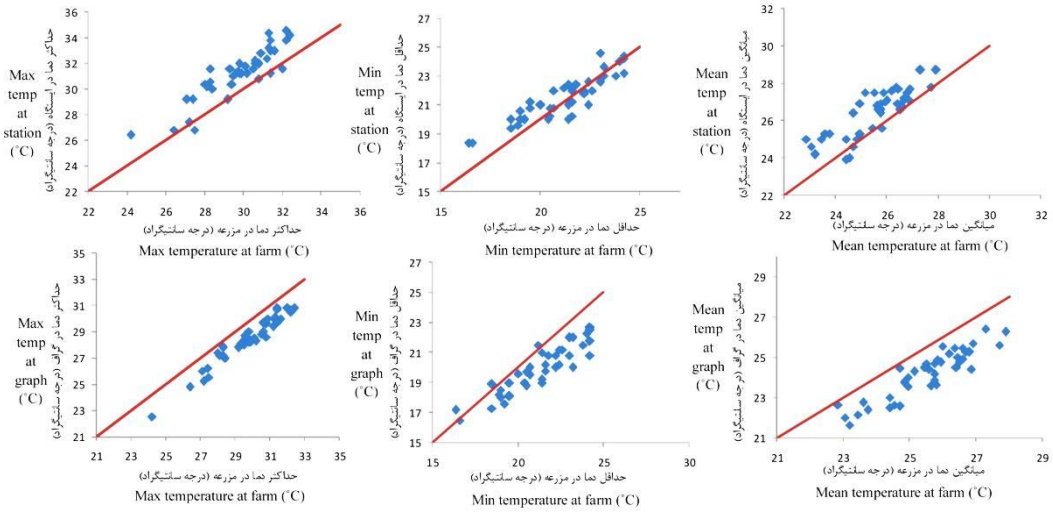
در دمای بیشینه هر سه روش اندازه‌گیری با اختلاف معنی‌دار در سه گروه مختلف جای می‌گیرند (شکل ۹). وضعیت مشابهی نیز در میانگین روزانه حکم‌فرماست و نشان‌می‌دهد با توسعه گیاه و کامل شدن پوشش در دمای بیشینه و میانگین مزرعه با آنچه در ایستگاه هواشناسی سنجیده شده است اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در این دوره دمای بیشینه و میانگین به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸ و ۰/۷ از داده‌های مانند اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه قابل تخمین است (جدول ۱). لی و آلن (۱۹۹۴) به تأثیر آبیاری در کاهش دمای مزرعه نسبت به ایستگاه تأکید نمودند.



شکل ۹- مقایسه میانگین مقادیر دمای اندازه‌گیری‌شده با دماسنج و دمانگار در دوره میانی.

Figure 9. Compare mean of measured temperature with a thermometer and thermograph at the middle stage.

نمودار ۱:۱ در دوره میانی نشان‌دهنده آن است که بیشینه و میانگین در ایستگاه بیش‌تر از مزرعه است، اما مقادیر کمینه‌ها در اطراف خط ۱:۱ پراکنده هستند. دمانگار در این دوره نیز مقادیر دما را کم‌تر از مزرعه نشان داد (شکل ۱۰).

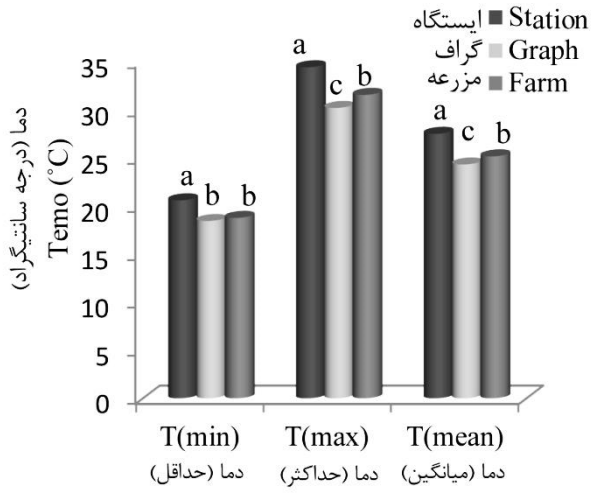


شکل ۱۰- مقایسه یک به یک دماهای ایستگاه و دمانگار مزرعه با دماسنج در دوره میانی.

Figure 10. Comparison of station temperature and field thermograph at middle stage in 1:1 graph.

مجموعه درجه روز رشد محاسبه شده در این ٤٠ روزه، با دمای پایه ۱۲ درجه سانتی‌گراد که از داده‌های دماسنجی ایستگاه، دماسنجی مزرعه و دمانگار مزرعه به‌دست آمده، به‌ترتیب معادل ٥٧٦/٦، ٥٤٠/٩، ٤٨٧/٣ درجه روز بوده است که با اختلاف معنی‌دار در سه گروه جداگانه قرار می‌گیرند.

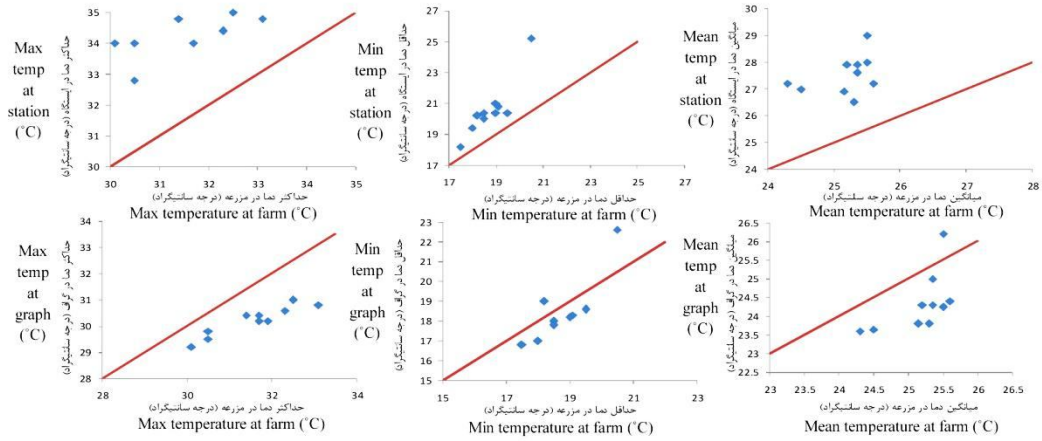
نتایج آزمون تجزیه واریانس برای اندازه‌گیری‌های دما در دوره پایانی: دوره انتهایی که شامل ده روز پایانی دوره آبیاری می‌باشد، از پایان دوره میانی تا زمان قطع آبیاری محاسبه می‌گردد. این دوره در پژوهش حاضر از ۱٤ مرداد آغاز گردید و در ۲۳ مرداد با توقف کامل آبیاری پایان پذیرفت. نتایج آزمون توکی در دوره پایانی مشابه دروه میانی است و به‌نظر می‌رسد به‌دلیل ثابت بودن وضعیت پوشش گیاه، سایه‌اندازی و حجم سایه‌انداز در این دوره نسبت به دوره قبل تغییری در گروه‌بندی روش‌های مختلف ایجاد نشده است. در کمینه‌ها، دماسنجی درون‌مزرعه‌ای و دمانگاری اختلاف معنی‌داری نداشته‌اند اما اندازه‌گیری‌های ایستگاه در گروه اول جای می‌گیرد (شکل ۱۱). در بیشینه و میانگین هر روش اندازه‌گیری به‌طور جداگانه در یک گروه قرار گرفت و مجدداً مشاهده می‌شود که تأثیر شرایط مزرعه‌ای بر بیشینه بیش از کمینه است. تغییرات بیشینه‌ها نیز در حدی است که بر میانگین روزانه تأثیرگذار است و میانگین روزانه دمای شالیزار نسبت به ایستگاه را به ۱۰ درصد کم‌تر می‌کند. در این دوره دمای کمینه به خوبی از داده‌های ایستگاهی قابل تخمین است (ضریب تبیین ۰/۸۱) اما رابطه معنی‌داری بین داده‌های میانگین و بیشینه مزرعه و ایستگاه وجود ندارد (جدول ۱).



شکل ۱۱- مقایسه میانگین مقادیر دمای اندازه‌گیری‌شده با دماسنج و دمانگار در دوره انتهایی.

Figure 11. Compare mean of measured temperature with a thermometer and thermograph at the final stage.

نمودار یک به یک در دوره انتهایی نشان می‌دهد که دمای بیشینه، کمینه و میانگین ایستگاهی خیلی بیش‌تر از دمای مزرعه‌ای هستند. گراف‌ها هم‌چنان دمای ثبت‌شده را کم‌تر از اندازه‌گیری مزرعه‌ای نشان می‌دهند (شکل ۱۲).

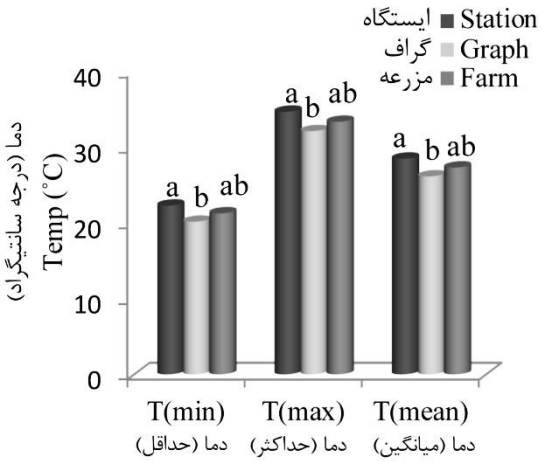


شکل ۱۲- مقایسه یک به یک دماهای ایستگاه و دمانگار مزرعه با دماسنج در دوره انتهایی.

Figure 12. Comparison of station temperature and field thermograph at final stage in 1:1 graph.

مجموعه درجه روز رشد محاسبه شده در این ۱۰ روزه، از داده‌های دماسنجی ایستگاه، دماسنجی مزرعه و دمانگار مزرعه به‌دست آمده به‌ترتیب معادل ۱۵۵/۲، ۱۳۱/۸، ۱۲۳/۳ درجه روز بوده است که با اختلاف معنی‌دار در سه گروه جداگانه قرار می‌گیرند. نتایج به‌دست آمده با نتایج تمسگن و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد.

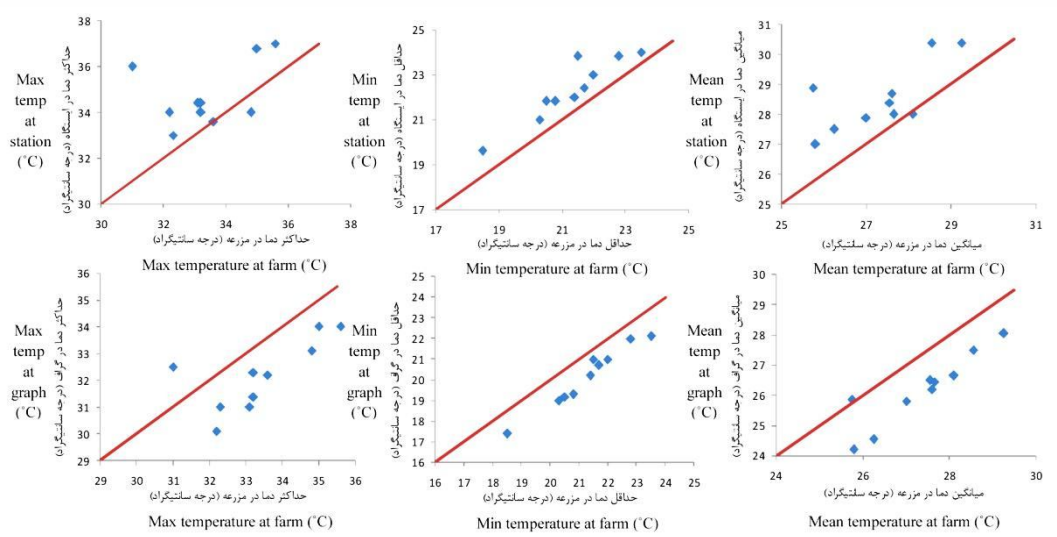
نتایج آزمون تجزیه واریانس برای اندازه‌گیری‌های دما در دوره رسیدگی کامل: در این دوره آبیاری به‌طور کامل قطع می‌شود و گیاه پس از استفاده از ذخیره رطوبتی خاک شروع به خشک‌شدن و رسیدن می‌کند. بنابراین در این دوره دو تغییر عمده نسبت به دوره‌های پیشین (به‌خصوص دوره میانی و انتهایی) رخ می‌دهد. از یک طرف سطح شالیزار غرق‌آب نیست و رطوبت خاک به رطوبت خارج از مزرعه نزدیک‌تر می‌گردد و از طرفی به‌دلیل خشک شدن گیاه و کاهش سطح برگ پوشش سایه‌انداز نقصان می‌یابد. در اندازه‌گیری‌های کمینه، بیشنه و میانگین دما، دو اندازه‌گیری دماسنجی درون‌مزرعه و درون‌ایستگاه دارای مشابهت هستند و در یک گروه جای می‌گیرند، اما اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط دمانگار در کمینه، بیشینه و میانگین با اختلاف معنی‌دار در گروه دوم قرار می‌گیرند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- مقایسه میانگین مقادیر دمای اندازه‌گیری‌شده با دماسنج و دمانگار در دوره رسیدگی کامل.

Figure 13. Compare mean of measured temperature with a thermometer and thermograph at the maturity stage.

اگرچه آزمون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دماسنجی مزرعه و ایستگاه بوده است، اما نمودار یک به یک نشان‌دهنده آن است که داده‌های ایستگاه (بیشینه، کمینه و میانگین) بیش‌تر از داده‌های مزرعه هستند. در این دوره همانند دوره‌های قبل، گراف‌ها دما را کم‌تر از دمای اندازه‌گیری‌شده در مزرعه نشان می‌دهند (شکل ١٤).



شکل ١٤- مقایسه یک به یک دماهای ایستگاه و دمانگار مزرعه با دماسنج در دوره رسیدگی کامل.

Figure 14. Comparison of station temperature and field thermograph at maturity stage in 1:1 graph.

مجموعه درجه روز رشد محاسبه شده در ۱۰ روز دوره رسیدگی کامل، با دمای پایه ۱۲ درجه سانتی‌گراد که از داده‌های دماسنجی ایستگاه، دماسنجی مزرعه و دمانگار مزرعه به‌دست آمده به‌ترتیب معادل ١٦٥/٢، ١٥٣/٥، ١٤١/٨ درجه روز بوده است. دماسنجی ایستگاه در گروه اول و دمانگاری مزرعه در گروه دوم جای گرفته‌اند اما دماسنجی مزرعه به‌طور مشترک در هر دو گروه جای دارند. علیزاده و همکاران (٢٠٠٦) و آلن و همکاران (١٩٨٣) نشان دادند که با کاهش یا قطع آبیاری دمای اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه و مزرعه شباهت بیش‌تری بهم پیدا می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

اختلاف دماسنجی مزرعه و ایستگاه در کل فصل در دمای میانگین و بیشینه به‌ترتیب ۱/۱ و ۱/٦ درجه سلسیوس می‌باشد اما کمینه‌ها اختلاف معنی‌دار ندارند. در ابتدای فصل و زمانی که گیاه هنوز به توسعه کامل سایه‌انداز نرسیده است اندازه‌گیری دماسنجی در مزرعه و ایستگاه هواشناسی اختلاف معنی‌داری ندارند. با دور شدن از مراحل آغازین رشد و به‌تدریج با توسعه سایه‌انداز اختلاف بین اندازه‌گیری فراسنج‌های میانگین، کمینه و بیشینه دما در مزرعه (دماسنجی و دمانگاری) و ایستگاه افزایش می‌یابد و از اواسط دوره رشد تا پایان دوره انتهایی تمامی فراسنج‌های مذکور با هم اختلاف دارند. بیش‌ترین اختلافات در دوره انتهایی رشد دیده می‌شود. مقادیر اختلافات دماسنجی ایستگاه و مزرعه در مرحله میانی رشد و مرحله انتهایی به‌ترتیب ۰/۹ و ۲/۳ درجه سلسیوس در میانگین و ۱/٤ و ۲/۹ درجه سلسیوس در بیشینه دیده می‌شوند. این اختلاف دوره انتهایی و

در دمای کمینه دما ۱/۸ درجه سلسیوس می‌باشد اما در دوره میانی معنی‌دار نیست. میانگین و بیشنه دمای ایستگاه با ضرایب تبیین ۰/۷٤ و ۰/۷۹ و بر اساس روابط ارائه شده به مقادیر مزرعه‌ای تبدیل می‌گردند. پس از قطع آبیاری و ورود گیاه به مرحله رسیدگی کامل اختلافات تا اندازه‌ای کاهش می‌یابد و دماهای به‌دست آمده از دماسنجی ایستگاه و مزرعه دارای اختلاف معنی‌دار نیستند. به‌طورکلی اختلافات مشاهده شده در سه روش اندازه‌گیری‌شده در کمینه کم‌تر از بیشینه است و نشان می‌دهد که بیشینه‌ها بیش‌تر از کمینه‌ها تحت‌تأثیر شرایط مزرعه‌ای قرار می‌گیرند و خرداقلیم ناشی از شرایط مزرعه‌ای بر دمای بیشینه اثرگذارتر است. همچنین مقایسات بین نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد دمای ثبت‌شده در دمانگار نسبت به دماهای قرائت‌شده از دماسنج اختلاف بیش‌تری با دماهای قرائت‌شده در ایستگاه دارد و این اختلاف در دمای بیشینه بیش‌تر از دمای کمینه است. یکی از علل این امر این است که تداوم دمای کمینه در شبانه‌روز بیش‌تر از دمای بیشینه است و سنجنده دمانگار فرصت بیش‌تری برای تطابق با دمای محیط دارد. بنابراین در صورت به‌کارگیری داده‌های دمانگار و استخراج بیشینه و کمینه باید تداوم دما را در نظر گرفت. چنان‌چه تداوم دما در ساعاتی طولانی‌تر باشد احتمال مشاهده نتایج دقیق‌تر در گراف دمانگار بیش‌تر است. همان‌طور که دستورالعمل‌های مربوطه ذکر شده است دامنه تغییرات شبانه‌روزی دمای ثبت‌شده در دمانگار بهتر است با داده‌های دماسنجی مورد ارزیابی قرار گیرند. اگرچه روند افزایش دما در هر دو فراسنج بیشینه و کمینه افزایشی است، اختلاف دمای بیشینه و کمینه در تمامی روش‌های اندازه‌گیری در طول فصل افزایش می‌یابد. وقوع بارندگی باعث کاهش اختلاف دمای بیشینه و کمینه می‌گردد.

منابع

1.Alizade, A., Khanjani, M.J., Taraz, H., and Rahnavard, M.R. 2006. Assessment if temperature data correction on accuracy of evepotranspiration calculation and comparing to lysimeteric results. J. Geograph. Reg. Dev. 6: 91-99. (In Persian)

2.Allen, R.G., Brockway, C.E., and Wright, J.L. 1983. Weather station siting and consumptive use estimates. J. Water Resour. Plng. Mgmt. ASCE. 109: 2. 134-146.

3.Allen, R.G. 1996. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. J. Irrig. Drain. Eng. 122: 2. 97-106.

4.Amiri Tabar, R., RahimiKhoob, A., and Behbahani, S.M.R. 2014. Comparative study of temperature parameters and reference evapotranspiration at two weather stations located within the uncultivated and well-watered area- Case study in arid region of southeast of Tehran. J. Water Soil Cons. 21: 1. 253-270. (In Persian)

5.FAO. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements), FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.

6.Ley, T.W., and Allen, R.G. 1994. Energy and water balance analyses of arid weather sites. Proc. ASAE Int. Summer Meeting, American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph. Mich.

7.Mohamadian, A., Alizadeh, A., and Javanmard, S. 2005. Adjusting the amount of overestimation reference evapotranspiration calculated by non-reference data in Iran. J. Agr. Eng. Res. 6: 23. 67-84. (In Persian)

8.Mohseni, Z. 2010. The meteorological equipment of the ground surface. Psychology and Art press, 268p. (In Persian)

9.Mousavi Baigi, M. 2009. Weather and climatology in agriculture. Ferdowsi university of Mashhad press, 382p. (In Persian)

10.Rosenberg, N.J., Blad, B.L., and Verma, Sh.B. 1983. Microclimate: The Biological Environment. 2nd edition. Wiley Publication, 528p.
11.Schuller, L.K., Burfeind, O., and Heuwieser, W. 2013. Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. J. Dairy Sci. 96: 7731-7738.
12.Stigter, K. 2010. Applied agrometeorology. Springer. DOI 10.1007/978-3-540-74698-0.
13.Temesgen, B., Allen, R.G., and Jensen, D.T. 1999. Adjusting temperature parameters to reflect well-watered conditions. J. Irrig. Drain. Eng. 25: 1. 26-33.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(5), 2018
http://jwsc.gau.ac.ir

The comparison of temperature elements measured in station and in paddy filed

E. Asadi Oskouei[1], *M. Mousavi Baigi[2], M.R. Yazdany[3] and A. Alizadeh[2]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Agrometeorology, Ferdowsi University of Mashhad,
[2]Professor, Dept. of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad,
[3]Research Assistant Prof. of Rice Research Institute of Iran, Rasht
Received: 02/09/2017; Accepted: 12/30/2017

Abstract

Background and Objectives: Temperature is one of the most basic meteorological parameters of frequency applications in agricultural science and technology. The aim of this study was to compare the data recorded in a standard synoptic weather station (Rasht agro meteorology station) and temperature recorded in rice fields and in the average canopy height of rice.

Material and Methods: For this purpose, the temperature of paddy field installed in standard screen box is measured in 65 cm in height using thermograph and thermometer and it was compared with the data of the Agricultural Meteorological Station in the vicinity of the farm.

Results: Results show that temperature changes during the season at the station and farm and in all measurements are incremental, but the increase in the maximum is higher than the minimum. The mean comparisons of the canopy have a significant difference in measurements of farm and the station. Differences in maximum temperature are greater than the minimum temperatures, indicating that the effect of farm microclimate on reducing the maximum temperature is more effective. The differences of field (daily) thermometer and stations in the whole season were between 1.1 and 6.1 degrees Celsius respectively in average temperature and maximum, but no significant difference in minimum is seen. In this study, growing degree days (GDD) calculated from three sources has significant differences and reflects the importance of accuracy in the calculation of these parameters in agricultural meteorology. Before the end of the growth phase (Phase II) there is no significant difference between the thermometer in field and station, so station data can be used directly instead of field data. Most differences are seen in the middle stage and end-stage growth (0.9 and 2.3 degrees Celsius on average and 1.4 and 2.9 degrees Celsius of the maximum). Maximum and mean temperatures of the whole period at stations with coefficients of determination values, 0.79 and 0.74, can be converted to farm temperature. By stopping irrigation and entering to complete maturity, the similarity between the field and the station records become greater. Because minimum temperatures last longer than the maximum and there is sufficient time for thermometer to be adjusted to the environment, the registered minimum in the thermograph has less difference than the maximum data in comparison of the same elements in stations.

Conclusion: Development of canopy causes significant differences between data recorded in paddy field and station and difference in maximum temperature is more than minimum temperature. The accuracy of data which is measured by thermograph and to extract maximum and minimum temperatures, it is important to consider the persistence of the temperature, If the temperature continues longer hours it has probably more accurate results. However both maximum and minimum temperatures have increasing trend, the difference between maximum and minimum increase during the season in all methods. Rain reduces the difference between the maximum and minimum temperature. With the interruption of irrigation and reaching maturity stage, the difference between the station and the farm is not meaningful.

Keywords: Minimum and maximum temperature, Temperature of paddy field, Temperature of station, Thermograph, Thermometry

* Corresponding Author; Email: mousavib@um.ac.ir