

بسم الله الرحمن الرحيم



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج

مدیریت آب و آبیاری مزارع گندم در استان خوزستان

سرشناسه	معیری، منصور، ۱۳۵۰ -
عنوان و نام پدیدآور	مدیریت آب و آبیاری مزارع گندم در استان خوزستان/ نویسنده منصور معیری؛ ویراستار ترویجی فرانک صحرایی، حسام الدین غلامی؛ سروراستار وجیهه سادات فاطمی؛ تهیه شده در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی؛ [به سفارش] وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج.
مشخصات نشر	کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۴۰ ص.
شابک	978-964-520-442-4
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	گندم -- ایران -- آبیاری
موضوع	Wheat -- Irrigation -- Iran
موضوع	گندم -- ایران -- خوزستان -- آبیاری
موضوع	Wheat -- Irrigation -- Iran -- Khuzestan
شناسه افزوده	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	SB1۹۱ / گ ۹ م ۶۳ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	۶۳۳/۱۱۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	۵۳۴۷۶۶۹

ISBN:978-964-520-442-4



شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۴۴۲-۴

عنوان: مدیریت آب و آبیاری مزارع گندم در استان خوزستان

نویسنده: منصور معیری

مدیر داخلی: شیوا پارسانیک

ویراستار ترویجی: فرانک صحرایی، حسام الدین غلامی

ویراستار ادبی: محسن ربیعی

سروراستار: وجیهه سادات فاطمی

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی - دفتر شبکه دانش و

رسانه های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان: ۲۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۷

قیمت: رایگان

مسئولیت صحت مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۴۱۰۱ به تاریخ ۹۷/۵/۱۴ است.

نشانی: تهران- بزرگراه شهید چمران- خیابان یمن، پلاک ۱ و ۲، معاونت ترویج،

ص. پ. ۱۱۱۳-۱۹۳۹۵

تلفکس: ۲۱-۲۲۴۱۳۹۲۳

مخاطبان

✓ کارشناسان و مروجان مسئول پهنه

✓ گندم کاران

اهداف آموزشی

پس از مطالعه این نشریه با نیاز آبی و روش‌های آبیاری سطحی، تعیین زمان، مقدار آبیاری و حساسیت به تنش آبی مراحل رشد گندم آشنا می‌شوید.

فهرست

مقدمه	۹
نیاز آبی گندم	۱۰
آبیاری مزارع گندم	۱۱
بافت خاک	۱۱
روش‌های آبیاری سطحی	۱۳
توصیه‌های مهم	۱۴
بارش	۱۶
برنامه‌ریزی آبیاری	۱۸
آبیاری جوانه‌زنی	۱۸
اولین آبیاری بعد از جوانه‌زنی	۱۸
دور آبیاری	۱۹
عمق آبیاری	۳۱
حساسیت مراحل رشد گندم به تنش خشکی	۳۳
زمان آخرین آبیاری	۳۴
نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۳۵

مقدمه

آب از نهاده‌هایی است که به دلیل محدودیت منابع آن از جنبه‌های کمی و کیفی، در تولید محصولات کشاورزی جایگاه ویژه‌ای دارد. استان خوزستان یکی از مناطق مهم تولیدات کشاورزی است و از لحاظ کمیت و کیفیت گندم تولیدی، جایگاه اول یا دوم را بین استان‌های کشور به خود اختصاص داده است. این استان در اقلیم گرم و خشک واقع شده است. ویژگی چنین مناطقی محدودیت منابع آب و رقابت فزاینده برای استفاده از این منابع است، ضمن اینکه تولید گندم در استان خوزستان همواره با تنش‌های آبی، شوری و دمایی روبه‌روست؛ ازاین‌رو، برنامه‌ریزی آبیاری بهینه در شرایط محدودیت یا بدون محدودیت‌های آبی و مدیریت آبیاری مزارع بر اساس شناخت کافی از مراحل رشد و نیاز آبی گندم در طول دوره رشد می‌تواند نقش زیادی در جلوگیری از هدررفت منابع آب، کاهش تنش‌ها و بهبود عملکرد در واحد سطح ایفا کند.

نیاز آبی گندم

نیاز آبی گندم در مرحله اول به جغرافیای محل کشت و سپس به تاریخ کاشت، رقم و شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد گندم بستگی دارد. در استان خوزستان بخشی از نیاز آبی گندم توسط بارش‌های (مؤثر) فصلی تأمین می‌شود و بسته به شدت و مدت و پراکنش این بارش‌ها، به ۴ تا ۷ بار آبیاری (تکمیلی) نیاز است. تاریخ کشت گندم از مناطق جنوبی تا شمالی استان خوزستان از اوایل آبان تا اواخر آذر است و برداشت محصول از اوایل اردیبهشت تا نیمه خرداد انجام می‌شود. در جدول ۱ دوره‌های رشدی گندم و طول دوره آمده است.

جدول ۱- دوره‌های رشدی گندم و طول دوره (روز)

دوره‌های رشد گندم	طول دوره (روز)
مراحل اولیه (از جوانه‌زنی تا شروع پنجه)	۳۰
توسعه‌ای (از شروع پنجه تا ساقه‌دهی)	۴۰
میانی (از طویل شدن ساقه تا گلدهی)	۵۵
نهایی (پرشدن دانه)	۲۰

نیاز آبی در مرحله اولیه رشد کم است و سپس در طول مرحله توسعه‌ای افزایش می‌یابد، طوری که در مرحله میانی به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در مرحله نهایی، این نیاز کاهش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر، با افزایش پوشش گیاه پس از مرحله پنجه‌دهی تا گلدهی، تبخیر از سطح خاک مزرعه کاهش می‌یابد، اما تعرق گیاه افزایش پیدا می‌کند. پس از تلقیح اندک‌اندک برگ گیاه شروع به زرد و خشک شدن می‌کند،

از این رو سطح تعریق کاهش می‌یابد و به نسبت افزایش دمای هوا، نیاز آبی کاهش پیدا می‌کند. نیاز آبی گندم در استان خوزستان بسته به طول دوره رشد ارقام و تاریخ و منطقه کشت، از ۳۸۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر است. با توجه به شرایط آب و هوایی متغیر منطقه، محاسبه نیاز آبی با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه، بهتر از آمار بلندمدت هواشناسی است. در برخی از روزهای بهار که مزارع گندم استان خوزستان در مرحله رشد زایشی هستند، وزش بادهای گرم به این مزارع خسارت وارد می‌کند. در چنین شرایطی اعمال آبیاری زودهنگام در کاهش خسارت مؤثر است. تشخیص بهنگام این تغییرات دمایی و نیاز آبیاری مزرعه در آمار بلندمدت هواشناسی مشخص نیست، اما در آمار روزانه هواشناسی نمود عینی پیدا می‌کند. در قسمت برنامه‌ریزی آبیاری، روش محاسبه نیاز آبی روزانه گندم ارائه شده است.

آبیاری مزارع گندم

از مناطق آبرفتی جنوب تا دامنه کوه‌های زاگرس در شمال استان، مقدار و دور آبیاری‌ها به بافت خاک و روش آبیاری و الگوی بارش‌های فصلی بستگی دارد.

بافت خاک

مقدار آب در دسترس گیاه تابعی از بافت خاک در عمق توسعه ریشه آن است. بافت درشت‌دانه‌ای مثل شن، نسبت به بافت ریزدانه‌ای مثل رس، آب کم‌تری را در خود نگه می‌دارد (جدول ۲). بافت خاک در عمق توسعه ریشه ممکن است متغیر باشد و خاک سطحی همیشه معرف کل

خاک عمقی نیست و باید پروفایل بافت خاک در عمق توسعه ریشه گیاه مشخص شود. با نمونه‌گیری از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه گیاه، تعیین بافت خاک و مقدار آب در دسترس در آزمایشگاه انجام می‌شود؛ اما امکان محاسبه مزرعه‌ای نیز وجود دارد که در ادامه این روش ارائه می‌شود.

✓ مقداری خاک نرم به اندازه یک قاشق غذاخوری در کف دست خود نگه دارید و چند قطره آب روی آن بریزید.

✓ خاک را در کف دست خود فشار دهید و آن را بغلطانید تا شروع به چسبیدن به دست شما کند. حد شکل‌گرفتن خاک همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده، ایده‌ای کلی درباره نوع بافت خاک به دست خواهد داد:

(A) شنی: در این حالت خاک به حالت سست و دانه‌دانه باقی می‌ماند و فقط می‌توان آن را متراکم کرد، اما نمی‌توان به آن شکل داد.

(B) لومی شنی: می‌توان آن را به شکل گلوله‌ای درآورد که به آسانی از هم فرو می‌پاشد.

(C) لومی سیلتی: اگر مقدار سیلت آن بیش تر باشد، می‌توان آن را به شکل استوانه کوتاه ضخیمی درآورد و در این حال آن را لومی سیلتی می‌نامند.

(D) لومی: دارای مقادیر نسبتاً مساوی از شن، سیلت و رس است و می‌توان آن را به صورت رشته ضخیمی به طول حدود ۱۵ سانتی‌متر درآورد که در صورت خم‌شدن می‌شکند.

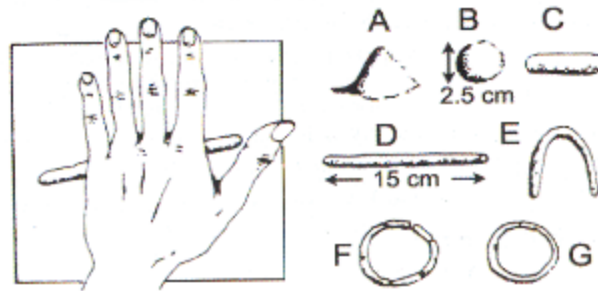
(E) لومی رسی: همانند حالت بالا می‌توان خاک را به شکل رشته‌ای درآورد، اما برخلاف حالت بالا اگر آن را بدقت خم کنیم، بدون این که

شکسته شود به شکل U در می آید.

(F) رسی سبک: این حالت خاک نرم است و می توان آن را به شکل دایره ای ترک خورده درآورد.

(G) رسی: دارای حالت پلاستیکی (غیرارتجاعی) است و می توان آن را به شکل دایره ای بدون ترک خوردگی درآورد.

تشخیص بافت خاک بوسیله لمس کردن



شکل ۱- روش تشخیص مزرعه ای بافت خاک در عمق توسعه ریشه گیاه

روش های آبیاری سطحی

استفاده از روش های آبیاری سطحی به ادوات و روش کشت انتخابی وابسته است. روش های آبیاری سطحی به شرح زیر است:

۱. آبیاری نواری: زمانی که از روش های بذرپاشی یا خطی کارها استفاده می شود.

۲. آبیاری شیاری: زمانی که از روش های بذرپاشی یا خطی کارها و سپس کروگیت زنی^۱ استفاده می شود.

۱. لوله هایی به قطر ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر و به طول ۶۰ تا ۹۰ سانتی متر، با ابتدای مخروطی و انتهای بسته، با فواصل ۶۰ یا ۷۵ سانتی متری کنار هم به صورت افقی روی یک مالیند به اتصال سه نقطه تراکتور وصل می شوند.

۳. آبیاری جویچه‌ای: زمانی که از ردیف‌کارها استفاده می‌شود.

توصیه‌های مهم

✓ در اراضی با شیب کم (کم‌تر از ۰/۳ درصد) که با خطر ماندابی مواجه هستند، استفاده از آبیاری جویچه‌ای (جویچه‌هایی به عمق حداقل ۱۵ سانتی‌متر) توصیه می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- آبیاری جویچه‌ای و کشت گندم روی پشته‌های عریض

✓ در اراضی با شیب متوسط (حدود ۰/۴ درصد) استفاده از آبیاری شیری (کروگیت- ایجادکننده شیارهایی به عمق حدود ۱۰ سانتی متر) توصیه می شود (شکل ۳).



شکل ۳- دنباله بند کروگیت برای ایجاد شیار در مزرعه

✓ در اراضی با شیب تند (بیش تر از ۰/۵ درصد) از آبیاری نواری استفاده شود (شکل ۴).



شکل ۴- کاشت گندم با استفاده از خطی کارها و استفاده از آبیاری نواری

✓ در اراضی بدون محدودیت شوری، آبیاری غرقابی یا کرتی در زراعت گندم نامطلوب است، اما در زمین‌هایی که محدودیت شوری در خاک و آب دارند، روش آبیاری کرتی در اولویت است.

بارش

مقدار، پراکنش و توزیع زمانی بارش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار متغیر است و بر مدیریت آبیاری مزارع گندم تأثیر می‌گذارد. برای تعیین مقدار بارش توصیه می‌شود که:

✓ یک ظرف یا قوطی جمع‌آوری آب باران در سطح تاج گیاه استفاده شود. بدین ترتیب با تقسیم حجم آب جمع‌آوری‌شده درون ظرف بر سطح دهانه ظرف یا قوطی می‌توان از مقدار بارش در مزرعه اطلاع پیدا کرد (شکل ۵).

مثال

چنانچه از یک قوطی به قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر (با مساحت ۷۸/۵ سانتی‌متر مربع) برای جمع‌آوری آب باران استفاده شود و در بارشی نیم لیتر معادل ۵۰۰ سی‌سی آب حاصل از بارش جمع‌آوری شده باشد، با تقسیم ۵۰۰ سی‌سی حجم آب بر ۷۸/۵ سانتی‌متر مربع سطح دهانه قوطی، عدد ۶/۳۷ سانتی‌متر یا ۶/۳۷ میلی‌متر مقدار بارش به‌دست می‌آید.

البته کل بارش در اختیار گندم قرار نمی‌گیرد و قسمت‌هایی از آن به‌علت تبخیر، رواناب سطحی و نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج می‌شود. بنا به تعریف، آن قسمت از باران را که در خاک نفوذ می‌کند و در ناحیه ریشه گیاه ذخیره می‌شود و در نهایت صرف تأمین نیاز آبی گیاه می‌شود، بارش مؤثر می‌گویند.

✓ برای تعیین بارش مؤثر روش‌های مختلفی وجود دارد، اما یک روش ساده در تعیین بارندگی مؤثر، محاسبه ۸۰ درصد بارش است. در مراحل ساقه‌دهی تا خمیری مزرعه گندم با عمق ریشه یک متری، بارش ۲۵ الی ۷۵ میلی‌متری (بارش مؤثر ۲۰ الی ۶۰ میلی‌متری) در بافت خاک شنی تا رسی را می‌توان یک آبیاری تلقی کرد و مقادیر بارش مؤثر کم‌تر از این مقادیر به‌صورت درصدی از یک آبیاری منظور می‌شوند. برای مثال، وقوع بارش ۱۵ میلی‌متری از اوایل اسفند تا نیمه فروردین یک مزرعه گندم با بافت خاک شنی معادل ۶۰ درصد (۱۵ تقسیم بر ۲۵) یک آبیاری کامل در برنامه‌ریزی آبیاری در نظر گرفته می‌شود. ضمن اینکه اگر بارندگی چند روز پس از آبیاری اتفاق افتاد، میزان مؤثر بودنش فقط به اندازه جبران کسر رطوبت خاک از حد ظرفیت زراعی خواهد بود.



شکل ۵- نمونه‌ای از ظرف اندازه‌گیری باران

برنامه ریزی آبیاری

آبیاری جوانه زنی

آبیاری اول یا به عبارت دیگر تأمین رطوبت کافی خاک برای جوانه زنی، سبز شدن و استقرار موفق زراعت گندم از ضروریات محصول ایده آل است که ممکن است با بارش فصلی حاصل شود. بذرکاری نامناسب یا تأخیر در آبیاری جوانه زنی، باعث تلفات بذر و ازدست دادن تاریخ مناسب کشت می شود. گندم در خوزستان به دو صورت هیرم کاری (نم کاری) و خشکه کاری کشت می شود. در روش هیرم کاری، آبیاری قبل از کاشت (ماخار) و سپس شخم یا دیسک آن پس از گاوروشدن، زمین را برای بذرکاری آماده می کند. در این روش، هرگونه تأخیر در بذرکاری و تبخیر رطوبت خاک موجب می شود که رطوبت کافی برای تکمیل فرایند جوانه زنی، سبز شدن و استقرار اولیه در دسترس بذر و گیاهچه ها قرار نگیرد و اعمال آبیاری مورد نیاز (بویژه آبیاری نواری و کرتی) نیز باعث تلفات حداقل ۱۰ درصدی بذر و خفگی گیاهچه های جوانی می شود که با اندک رطوبت موجود خاک فعال شده اند. در روش خشکه کاری، تهیه زمین و کاشت در خاک خشک انجام می شود؛ البته اجرای این روش در خاک های رسی، کلوخه ای شدن بستر را به دنبال دارد.

اولین آبیاری بعد از جوانه زنی

در خاک های رسی اولین آبیاری بعد از جوانه زنی می تواند در کاهش اثرات سله بستن خاک و مرگ گیاهچه ها مؤثر باشد. این آبیاری در رشد گندم مؤثر است، اما در عملکرد تأثیری ندارد؛ ضمن اینکه عجله در انجام این آبیاری، علاوه بر آبشویی نیتروژن، می تواند باعث آب ماندگی و در

نتیجه تأمین نشدن نیتروژن مورد نیاز گیاه شود. در این شرایط، گیاه نیتروژن مورد نیازش را از برگ‌های اولیه تهیه می‌کند و در این برگ‌ها زردی مشاهده می‌شود. از این‌رو، در خاک‌های غیررسی می‌توان فاصله آبیاری را نسبت به آبیاری یا بارش قبلی تا حد امکان زیاد کرد (تا مرحله سه‌برگی) تا در مراحل اولیه رشد، ریشه گیاه بیش‌تر توسعه یابد.

در خشکسالی‌ها و بویژه با افزایش میانگین دمای فصلی، آبیاری نوبت دوم باید در مرحله ۳ تا ۵ برگی گندم انجام شود تا از تنش خشکی اول فصل (پاییز) جلوگیری شود و بتوان به پتانسیل عملکرد ضروری دست یافت.

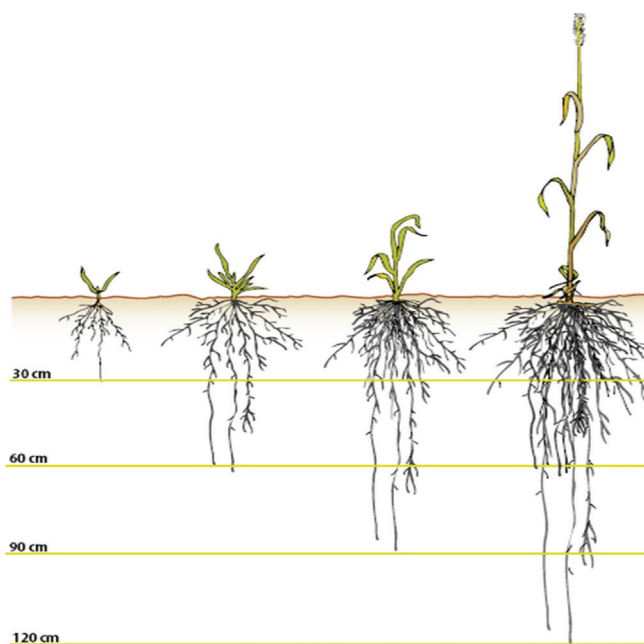
دور آبیاری

پس از استقرار گیاه، انجام آبیاری با توجه به شرایط مزرعه ضروری است. با کاهش درجه حرارت محیط و فرارسیدن سرما، نیاز آبی گندم به حداقل ممکن می‌رسد و از آبیاری مزرعه برای جلوگیری از خسارات یخبندان شبانه باید اجتناب کرد. در صورت احتمال وزش بادهای گرم و افزایش دما در زمان دانه‌بندی، اقدام به آبیاری برای جلوگیری از کاهش محصول ضروری است. با تأکید بر لزوم آبیاری کلیه مراحل رویش گندم در مناطق گرمسیر، حذف هیچ‌کدام از آبیاری‌ها توصیه نمی‌شود.

دور آبیاری می‌تواند بر اساس موارد زیر باشد:

- ✓ اندازه‌گیری مستقیم رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه گیاه (شکل ۶)؛
- ✓ محاسبه کاهش آب موجود در خاک پس از آبیاری با استفاده از داده‌های تبخیر و تعرق روزانه؛
- ✓ درجه پژمردگی گیاه تعیین شود (در ادامه توضیح داده می‌شود). در

شرایط عمومی، با دسترسی به آمار هواشناسی می‌توان تقویمی مبتنی بر کاهش آب خاک (مصرفی توسط گیاه) تهیه کرد تا زمان آبیاری مشخص شود. البته این روش نسبت به اندازه‌گیری مستقیم رطوبت خاک یا تنش گیاه دقت و هزینه کم‌تری دارد.



شکل ۶- توسعه عمقی و سطحی ریشه، از جوانه‌زنی تا ظهور خوشه گندم

تعیین دور آبیاری براساس رطوبت خاک قابل دسترس گندم

پس از تعیین نوع بافت خاک مزرعه، با استفاده از جدول ۲، آب قابل دسترس گیاه در عمق یک متری خاک محاسبه شدنی است (مقادیر قرمز رنگ جدول ۲). آب در دسترس تابعی از عمق توسعه ریشه گیاه است. این عمق تا مرحله تشکیل دانه به حدود ۱۲۰ سانتی‌متری در خاک با

شرایط مناسب می‌رسد. به تناسب کاهش عمق ریشه (به دلیل شرایط مزرعه‌ای) میزان رطوبت قابل دسترس نیز کاهش پیدا می‌کند.

مثال

اگر ریشه‌ها تا عمق $0/75$ متری خاک شنی رشد کرده باشند، مقادیر قرمز رنگ موجود در جدول ۲ را باید در عدد $0/75$ ضرب کرد. بدین ترتیب در رطوبت ظرفیت زراعی، آب موجود در این خاک شنی برای 52 میلی‌متر ($0/75 \times 70$) است.

تغییرات رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه برای گیاه لازم است و انتخاب هر کدام از روش‌های مدیریت دور آبیاری پس از تخلیه 50 الی 100 درصد آب خاک (فاصله رطوبتی حد ظرفیت زراعی تا نقطه پژمردگی دائم)، علاوه بر نوع خاک، به هزینه‌های روش آبیاری و افزایش عملکرد و بهای گندم تولیدی بستگی دارد. تفاوت دفعات آبیاری در 50 درصد تخلیه رطوبت در دسترس گیاه یک تا دو بار آبیاری اضافی نسبت به تخلیه 100 درصدی در آبیاری سطحی است. با تخلیه بیش از 50 درصد از آب در دسترس، گندم تحت تنش قرار می‌گیرد و عملکرد بالقوه‌اش کاهش پیدا می‌کند. از این رو پیشنهاد می‌شود در صورت تخلیه رطوبتی 50 درصد آب در دسترس خاک مزرعه گندم آبیاری شود. به منظور محاسبه رطوبت در دسترس گیاه، شما نیازمند به استفاده از مقدار رطوبت خاک برای نوع بافت خاک مزرعه خود و آمار هواشناسی خواهید بود. روش سه مرحله‌ای زیر از لافیتی (۱۹۹۴) گرفته شده است.

• **مرحله ۱:** محصولی که تحت تنش قرار نگرفته، هر روز چقدر آب مصرف می کند.

$$\text{ضریب محصول} \times \text{تقاضای تبخیری} = \text{مقدار آب مورد استفاده}$$

(از جدول ۴) (از جدول ۳) توسط محصول (میلی متر)

عددی که در مرحله اول محاسبه می کنید، مقدار تقریبی آبی است که باید هنگام آبیاری برای جایگزینی مقدار رطوبت ازدست رفته در هر روز استفاده شود.

تقاضای تبخیری با واحد میلی متر در روز را می توان از جدول ۳، از آمار هواشناسی یا از تشتک تبخیر در منطقه به دست آورد. برای مثال، در استان خوزستان با اقلیم گرم و نیمه خشک و متوسط دمای کم تر از ۱۰ درجه سانتی گراد در ابتدای فصل کشت (آبان و آذر) تا ۳۲ درجه سانتی گراد در پایان فصل رشد گندم (اواخر اردیبهشت و ابتدای خرداد)، تبخیر روزانه به ترتیب از ۴ میلی متر (در ابتدای فصل کاشت) تا ۹ میلی متر (در مراحل پایانی رشد) افزایش می یابد.

• **مرحله ۲:** در خاک مزرعه شما چقدر آب (سهل الوصول) برای استفاده گندم قبل از آغاز تنش موجود است؟

$$\{\text{میلی متر رطوبت خاک در شرایط ۵۰ درصد آب در دسترس (جدول ۲)}\} - \{\text{میلی متر رطوبت موجود در خاک (جدول ۲)}\} = \{\text{آب سهل الوصول}\}$$

مثال

در مزرعه گندمی با بافت خاک رسی، بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از عملیات آبیاری سطحی، مقدار آب موجود در حد رطوبت ظرفیت مزرعه با استفاده از جدول ۲، معادل ۲۰۰ میلی‌متر است. با کم کردن مقدار آب در شرایط ۵۰ درصد آب در دسترس از جدول ۲ به میزان ۱۴۰ میلی‌متر مشخص می‌شود که این مزرعه گندم ۶۰ میلی‌متر آب (سهل‌الوصول) مورد نیازش را می‌تواند از عمق یک متری خاک جذب کند، بدون اینکه دچار تنش کم‌آبی شود.

• **مرحله ۳:** محصول بدون آبیاری یا بارندگی چشمگیر چند روز می‌تواند قبل از شروع تنش دوام آورد؟

میلی‌متر آب موجود در خاک که استفاده شده	
(محاسبه شده در مرحله ۲)	
میلی‌متر آب مصرف شده توسط محصول در هر روز	= تعداد روزها قبل از تنش
(محاسبه شده در مرحله ۱)	

جدول ۲- محاسبه میزان رطوبت موجود در خاک از طریق لمس خاک

آبیاری		رطوبت بیش از ظرفیت زراعی		رطوبت ظرفیت زراعی		۵۰ درصد رطوبت در دسترس گیاه	
							
بافت خاک	در این رطوبت	میلی‌متر آب خاک	در این رطوبت	میلی‌متر آب خاک	در این رطوبت	میلی‌متر آب خاک	
رسی سبک تا رسی	خاک دست‌نخورده به دلیل وجود آب حالتی براف دارد.	۲۵۰	ذرات خاک گلوله‌ای را شکل می‌دهند که بسیار انعطاف‌پذیر است.	۲۰۰	خاک به‌شکل گلوله در آمده و رگه‌هایی بین انگشتان تشکیل می‌دهد	۱۴۰	
لومی تا لومی رسی	با فشردن خاک از آن آب خارج می‌شود.	۲۰۰	ذرات خاک تا حدی به یکدیگر می‌چسبند و ممکن است یک گلوله را تشکیل بدهند.	۱۵۵	ذرات خاک گلوله‌ای را تشکیل می‌دهند که تا حدی انعطاف‌پذیر است.	۱۱۰	
لومی شنی تا لومی سیلتی	هنگامی که خاک ورز داده شود آب از آن خارج می‌شود.	۱۵۰	ذرات خاک تشکیل یک گلوله را می‌دهند اما این گلوله به‌سرعت از هم می‌پاشد.	۱۱۰	ذرات خاک گلوله‌ای را تشکیل می‌دهند که چندان دوام نمی‌آورد.	۸۰	
شنی تا شنی لومی	خاک را در دست خود به بالا پرتاب کنید، از آن آب خارج می‌شود.	۱۰۰	رگه‌هایی از ذرات خاک در بین انگشتان تشکیل می‌شود.	۷۰	خاک خشک به‌نظر می‌رسد و هنگامی که آن را فشرده می‌کنید به‌شکل گلوله در نمی‌آید.	۵۰	
وضعیت مزرعه	گیاه قادر به جذب آب نیست؛ بیشتر از ۶ ساعت وضعیت آب‌ماندگی		جذب آب توسط گیاه		بروز تنش کم‌آبی و لزوم انجام آبیاری		

* اعداد قرمز رنگ نشان‌دهنده مقدار رطوبت قابل‌دسترس برای ریشه‌ها به‌ارای یک متر عمق خاک است.

جدول ۳- مقادیر تیخیر برای نواحی مختلف (میلی متر در روز)

میانگین درجه حرارت روزانه			اقلیم
۱۷-۲۳ (°C)		۲۴-۳۰ (°C)	
۱۰-۱۶ (°C)			
(میلی متر در روز)			
۳-۴	۴-۵	۵-۶	گرمسیر مرطوب
۳-۵	۵-۶	۷-۸	گرمسیر نیمه مرطوب
۴-۵	۶-۷	۸-۹	گرمسیر نیمه خشک
۴-۵	۷-۸	۹-۱۰	گرمسیر خشک

* اگر باد پس از وزش از سمت اراضی آیش به مزرعه گندم برسد، عدد بزرگ تر (هر جفت عدد) تیخیر را در نظر بگیرید.

جدول ۴- ضریب تیخیر و تعرق

مرحله رشدی	پوشش زمین توسط گیاه (درصد)	ضریب گیاهی
رشد رویشی اولیه	۱۰-۳۰ درصد	۰/۳
پنجه زنی	۳۰-۸۰ درصد	۰/۸
طول پاشتن ساقه تا گلدهی	۷۰-۱۰۰ درصد	۱
پوشیدن دانه	۲۰-۵۰ درصد	۰/۵

* ضریب گیاهی در جدول برای مزرعهای که در مرحله سنبله دهی، ۸۰ تا ۹۰ درصد سطح زمین توسط بوته های گندم پوشیده شده باشد. اما برای مزرعهای که پوشش زمین در مرحله سنبله دهی از این مقدار کم تر است، مقدار ضریب را کم تر در نظر بگیرید.

مثال

مزرعه گندم در مرحله سنبله‌دهی است، خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه لومی سیلتی است و منطقه گرمسیری نیمه‌خشک با دمای هوای ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. برای تعیین زمان و مقدار آبیاری به روش زیر عمل می‌کنیم.

گام ۱- طبق جدول ۳ مقدار تبخیر در این منطقه معادل ۷ میلی‌متر آب در هر روز خواهد بود. چون محصول در مرحله سنبله‌دهی است، دارای ضریب محصولی معادل ۱/۰ (جدول ۴ ستون ۳) است و بنابراین به‌طور متوسط مزرعه گندم مورد نظر در هر روز مقدار ۷ میلی‌متر آب ($1/0 \times 7$) از طریق تبخیر از خاک و تعرق توسط گیاه از دست می‌دهد.

گام ۲- خاک مزرعه لومی سیلتی است که وقتی آن را بین دو دست بمالید، گرد می‌شود، اما این توپ گرد به‌سهولت می‌شکند. طبق توضیح موجود در جدول ۲، خاک دارای ۱۱۰ میلی‌متر آب است و با فرض اینکه ریشه تا عمق ۱ متری در خاک نفوذ کند، تمام آن ۱۱۰ میلی‌متر آب برای استفاده گیاه قابل‌دسترس خواهد بود. جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که در ۵۰ درصد رطوبت هنگامی که تنش اهمیت می‌یابد، خاک مزرعه ۸۰ میلی‌متر از آب قابل‌دسترس را در خود نگه می‌دارد. بنابراین محصول قادر به استفاده از ۳۰ میلی‌متر (۸۰-۱۱۰) قبل از بروز تنش خواهد بود.

گام ۳- برای تبخیر و تعرق ۷ میلی‌متر در روز (گام ۱)، به مدت ۴ روز به آبیاری نیاز ندارید (یعنی ۳۰ تقسیم بر ۷ روز).

خلاصه محاسبه دور آبیاری متناسب با متوسط عمق توسعه ریشه و نیاز آبی روزانه گندم در خاک‌های مختلف در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- آب سهل الوصول در عمق یک متری توسعه ریشه و متوسط دور آبیاری
در خاک‌های مختلف اقلیم خوزستان

رطوبت/بافت خاک	رسی سبک، رسی	لومی، لومی رسی	لومی شنی، لومی سیلتی	شنی، شنی لومی
عمق خالص آبیاری یا آب سهل الوصول (میلی‌متر)	۶۰	۴۵	۳۰	۲۰
دور آبیاری (روز) در مراحل اولیه و توسعه‌ای	۱۵	۱۱	۸	۵
دور آبیاری (روز) در مرحله میانی	۱۲	۹	۶	۴
دور آبیاری (روز) در مرحله نهایی	۱۳	۱۰	۷	۴

* آب سهل الوصول تفاوت دو ستون اعداد آب خاک در حالت ظرفیت زراعی و ۵۰ درصد آب در دسترس
جدول ۲ است.

روش مزرعه‌ای تعیین شاخص پژمردگی گندم و زمان آبیاری

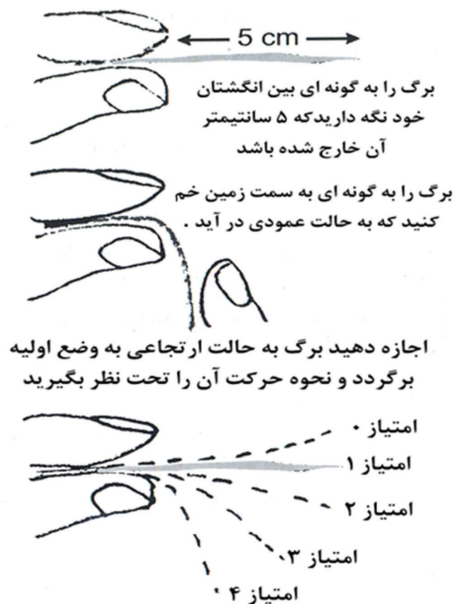
در این روش که به فیشر معروف است، بین ساعت ۱۱ صبح تا ۳ بعدازظهر پایین‌ترین برگ سبز موجود در ساقه را جدا کنید و با حذف بخش مرده انتهای برگ، سه مرحله نشان‌داده‌شده در شکل ۷ را انجام دهید. در نتیجه انجام این مراحل با ارزیابی برگ گیاه، درجه پژمردگی و نیاز آبیاری مزرعه توصیف‌شدنی است. هنگامی که برگ در حالت ارتجاعی بالای سطح افق قرار می‌گیرد، در حال آماس کامل قرار دارد (درجه صفر) و نشان می‌دهد که آبیاری در آن روز ضروری نیست. درجه ۱ (در روز آبیاری) نشان می‌دهد که آبیاری دقیقاً بموقع است. درجه ۲ یا بیش‌تر نشان می‌دهد که خاک بیش‌ازحد خشک شده و رشد و عملکردش تحت تأثیر قرار گرفته است، بنابراین می‌بایست فاصله بین آبیاری‌ها کاهش یابد. درجه ۴ هنگامی است که برگ خاصیت ارتجاعی خود را از دست داده

و در همان حالت عمودی آویزان باقی می ماند و بدترین درجه پژمردگی است که در شکل ۷ نشان داده شده است.

اگر برگ به اندازه ای پیچ خورده باشد که عرضش به نصف عرض برگ در حالت معمول رسیده باشد، در این حالت درجه پژمردگی ۵ است که شاخصی است برای گیاهی که تحت تنش شدید واقع شده است. چنین برگه احتمالاً برگ بالایی خواهد بود، زیرا در این حالت سایر برگها بر اثر خشکی از بین رفته اند.

✓ همواره قبل از هر بار آبیاری این درجه ها را بررسی کنید، زیرا کمک شایانی می کند که تنش کم آبی به مزرعه وارد نشود.

جهت تعیین زمان آبیاری از امتیاز پژمردگی استفاده کنید



شکل ۷- تعیین زمان آبیاری با استفاده از درجه پژمردگی

تعیین دور آبیاری بر اساس داده‌های تشتک تبخیر

این وسیله از یک مخزن استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه به قطر دهانه ۱۲۰/۶ سانتی‌متر (۴۷/۵ اینچ) و ارتفاع ۲۵/۴ سانتی‌متر (۱۰ اینچ) تشکیل شده که روی یک پایه چوبی به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح زمین نصب می‌شود. در داخل این تشت یک چاهک برنجی به قطر ۷/۶۲ سانتی‌متر (۳ اینچ) در فاصله ۳۰ سانتی‌متری شمال آن قرار داده می‌شود. این چاهک ۳ پایه دارد که در انتهای آن‌ها پیچی برای تنظیم چاهک تعبیه شده است. ارتفاع آب داخل تشت و چاهک برنجی یکسان است. ارتفاع تبخیر توسط میله‌ای مدرج از ۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر سنجیده می‌شود. برای اندازه‌گیری ارتفاع تبخیر باید ابتدا نوک قلاب انتهای میله مدرج با سطح آب مماس باشد که در صورت تبخیر، انتهای قلاب از آب خارج خواهد شد. لذا برای قرائت ارتفاع تبخیر بایستی نوک قلاب را مجدداً با سطح آب مماس کنید و عدد قرائت‌شده را از ۱۰۰ تفریق کنید تا ارتفاع تبخیر به دست آید.

به‌منظور تعیین رابطه تبخیر و جابه‌جایی افقی هوا و همچنین دمای سطح آب، یک دستگاه بادسنج در ارتفاع نیم متری در مجاورت تشت تبخیر نصب می‌شود تا به کمکش میزان جریان هوا را که در مدت ۲۴ ساعت از روی تشت عبور کرده اندازه‌گیری کند. همچنین یک دماسنج حداقل و حداکثر برای اندازه‌گیری تغییرات دمای سطح آب در داخل تشت به‌صورت شناور قرار می‌دهند (شکل ۸). ضمناً آبی که روزانه به داخل تشت اضافه می‌شود بایستی با آن هم‌دما باشد. پس از طویل‌شدن ساقه تا مرحله خمیری و با در نظر گرفتن وجود نداشتن تنش آبی، مقدار میلی‌متر آب تبخیرشده از تشتک نشانگر مقدار تقریبی آبی است (حاصل ضرب ضرایب

تشتک و گیاه در مقدار تبخیر از تشتک تبخیر) که محصول از دست می‌دهد. استفاده از پوشش توری یا نظایر آن به منظور حصول اطمینان از استفاده نکردن جانوران از آب تشتک و اضافه کردن منظم آب به تشتک بر دقت اندازه‌گیری‌ها مؤثرند. در جدول ۶ دور آبیاری‌های سطحی بر اساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر ارائه شده است.

جدول ۶- متوسط دور آبیاری سطحی و وضعیت تنش کم‌آبی بر اساس آمار تبخیر تجمعی

وضعیت	تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر (میلی‌متر)
بدون تنش	۵۰-۷۰
تنش ملایم	۹۰-۱۱۰
تنش شدید	بیش تر از ۱۳۰

توجه: حدود پایینی در خاک‌های شور یا سبک و حدود بالایی در خاک‌های سنگین است.



شکل ۸- نمایی از تشتک تبخیر و محل نصب آن

عمق آبیاری

با اضافه کردن تلفات آب به مقدار نیاز آبی، مقدار آب مورد نیاز هر آبیاری به دست می آید. گندم به آبیاری سنگین نیاز ندارد (شکل ۹). آبیاری مزرعه گندم باید سریع و مؤثر باشد، به گونه ای که:

✓ در خاک های سنگین رسی قبل از پیشروی آب به انتها و در خاک های شنی پس از رسیدن آب به انتهای نوارها، آبیاری قطع شود؛ در چنین شرایطی عمق خالص آبیاری در مراحل مختلف رشد و بافت خاک های متفاوت مطابق جدول ۷ است. با فرض متوسط بازده آبیاری ۵۰ درصد در انواع روش های آبیاری سطحی، مقدار آب ورودی به مزارع گندم دو برابر مقادیر پیشنهادی جدول ۷ است.

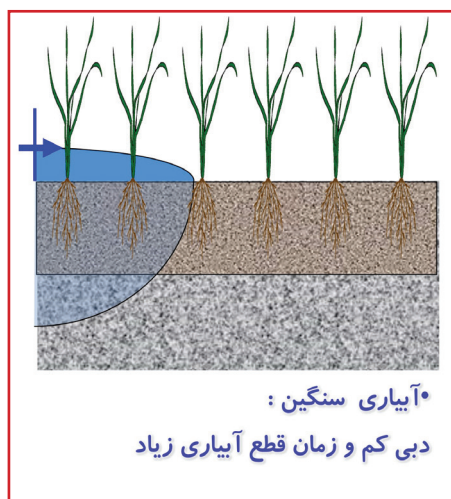
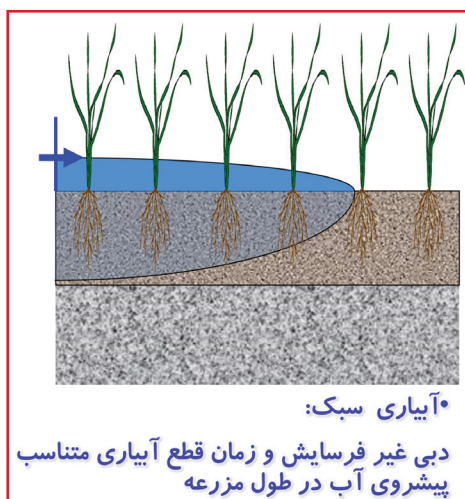
مثال

در یک خاک لومی رسی با عمق ریشه گندم ۶۰ سانتی متری، عمق خالص آبیاری ۲۸ میلی متر و عمق ناخالص آبیاری سطحی ۵۶ میلی متر یا ۵۶۰ مترمکعب در هکتار در آبیاری با آب بدون محدودیت شوری است؛ در آبیاری با آب شور ۳ میلی موس بر سانتی متر حدود ۱۰ درصد به آب آبیاری برای آبشویی اضافه می شود و به مقدار ۶۲۰ مترمکعب در هکتار می رسد.

در استفاده از آبیاری جویچه ای و در خاک های سبک تا متوسط بهتر است از جویچه های انتها بسته استفاده کنید و پس از تکمیل مرحله پیشروی، آب ورودی به مزرعه قطع شود. آبیاری بیش از اندازه در مرحله خوشه دهی تا رسیدن دانه موجب کاهش عملکرد می شود. ضمن اینکه در شرایط کم آبی، با تأکید بر انجام تمام آبیاری ها، امکان کاهش ۲۰ درصدی در مقدار آب آبیاری مراحل مختلف وجود دارد.

جدول ۷- عمق خالص آبیاری (میلی متر) متناسب عمق ریشه گندم در بافت خاک های مختلف

عمق ریشه (سانتی متر)	رسی سبک، رسی	لومی، لومی رسی	لومی شنی، لومی سیلتی	شنی، شنی لومی
۳۰	۱۸	۱۴	۹	۶
۶۰	۳۶	۲۸	۱۸	۱۲
۹۰	۵۴	۴۲	۲۷	۱۸
۱۲۰	۷۲	۵۶	۳۶	۲۴



شکل ۹- آبیاری سبک مناسب مزارع گندم

حساسیت مراحل رشد گندم به تنش خشکی

با در نظر گرفتن مقادیر متوسط تعداد ۴۰۰ هزار سنبله در هر هکتار، دو دانه در سنبلچه و وزن هزار دانه ۴۰ گرمی گندم، می‌توان محاسبه کرد که به ازای کاهش هر یک سنبلچه در مزرعه ناشی از تنش‌ها، ۳۲۰ کیلوگرم توان تولید مزرعه کم خواهد شد. از این رو، برای دستیابی به عملکرد مطلوب می‌بایست به مراحل حساس رشد گندم به تنش‌های آبی توجه کرد.

در شرایط تنش خشکی، برگ گیاه ابتدا سبز مایل به آبی و سپس پژمرده می‌شود و اگر گیاه بموقع آبیاری نشود، برگ‌ها شروع به ریزش می‌کنند. مصرف بهینه آب و کود پتاسیم و ازت در شرایط خشکی از شدت خسارات خشکی می‌کاهد. تنش آب در هر مرحله می‌تواند عملکرد گندم را کاهش دهد.

اگر مزرعه گندم را در فواصل زمانی توصیه شده برای منطقه خود آبیاری کنید و ارزیابی‌های متعددی از وضعیت آب گیاه یا رطوبت خاک با استفاده از درجه پژمردگی یا رطوبت در دسترس گیاه به عمل آورید و از این امتیاز برای تعیین زمان آبیاری مزرعه استفاده کنید، تنش رطوبتی نباید برای شما مشکل ساز باشد. در جدول ۸ اثرات تنش خشکی در هر کدام از مراحل نمو گندم ارائه شده است. پیش از این گفتیم که تعداد دفعات آبیاری و مقدار آب، بسته به عوامل متعددی، متفاوت خواهد بود؛ اما چهار مرحله علاوه بر کاشت وجود دارد که طی آن‌ها آب نباید محدودکننده باشد. این مراحل عبارت‌اند از: (۱) تمایز ریشه‌های تاجی، یعنی هنگامی که پنجه‌زنی آغاز شده است (۳ تا ۵ برگی)، (۲) مرحله ایجاد گره در ساقه، (۳) گرده‌افشانی، و (۴) مرحله شیری دانه. در بین این چهار مرحله،

مراحل تمایز ریشه‌های تاجی و گرده‌افشانی حساسیت بیش‌تری به تنش آبی دارند.

جدول ۸- تأثیر تنش‌های خشکی بر عملکرد دانه

مرحله نمو گندم	اثرات خشکی
جوانه‌زنی	تشکیل گیاهچه ضعیف
پنجه‌دهی	کاهش تعداد پنجه، ریشه‌های ثانویه ضعیف، کاهش تعداد سنبله در واحد سطح
تشکیل گره در ساقه	کاهش تعداد دانه در سنبله
ساقه‌رفتن	کاهش ارتفاع گیاه و کاهش تعداد دانه در سنبله و سنبلچه
سنبله‌رفتن	افزایش گل‌های نازا، کاهش دانه در سنبله و کاهش وزن هزار دانه
گرده‌افشانی	تلقیح نشدن گل‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله
شیری و پرشدن دانه	چرک و لاغربودن دانه‌ها و کاهش وزن دانه

زمان آخرین آبیاری

آخرین آبیاری در آغاز مرحله خمیری در خاک‌های لومی، قبل از خمیری در خاک‌های سنگین‌تر، و بعد از آن در خاک‌های سبک‌تر است. زمان ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیکی گندم (تغییر رنگ سبز سنبله روی ساقه اصلی به رنگ قهوه‌ای مایل به زرد) حدود ۶ هفته است و مرحله آغاز خمیری ۳ تا ۴ هفته بعد از ظهور سنبله (۱ تا ۳ هفته قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی) است. آب مورد استفاده گیاه پس از مرحله خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیکی حدود ۸۰ میلی‌متر است. انجام آبیاری‌های غیرضروری پایان فصل رشد گندم علاوه بر تلفات آب می‌تواند باعث

به تعویق افتادن عملیات برداشت شود، ضمن اینکه شرایط را برای خوابیدگی محصول فراهم می‌کند. در مقابل، تنش آبی پایان فصل باعث تولید دانه‌های چروکیده و در نتیجه کاهش عملکرد خواهد شد. بسته به رطوبت خاک، آخرین آبیاری مورد نیاز ۲۴ تا ۳۰ روز پس از ظهور سنبله انجام می‌شود و ترجیح این است که آب مورد نیاز پنجه‌های جانبی (که به لحاظ رویشی عقب‌تر از ساقه اصلی هستند) از رطوبت موجود خاک در آبیاری‌ها یا بارش‌های قبلی تأمین شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در استان خوزستان نیاز آبی گندم حدود ۴۳۰ میلی‌متر است و مقدار آب آبیاری مصرفی به مقدار بارش‌های فصلی، بازده آبیاری، بافت و نیاز آبشویی خاک دشت‌های مختلف بستگی دارد. قبل از کاشت و برای فراهم‌سازی امکان انجام عملیات آبیاری یکنواخت‌تر و جلوگیری از خسارات ناشی از شرایط ماندابی، تسطیح اراضی ضروری است (شکل ۱۰). در اقلیم گرم و خشک خوزستان برای دستیابی به عملکرد مناسب، آب مورد نیاز گندم از مرحله جوانه‌زنی تا مرحله خمیری می‌بایست تأمین شود و حذف آبیاری در هیچ‌کدام از مراحل رشدی آن توصیه نمی‌شود؛ ضمن اینکه در بین مراحل رشدی گندم، علاوه بر کاشت، در این ۴ مرحله آب نباید عامل محدودکننده باشد: شروع پنجه‌زنی، مرحله ایجاد گره در ساقه، گرده‌افشانی و مرحله شیر دانه.

ارزیابی مزرعه‌ای درجه پژمردگی گندم، رطوبت خاک قابل‌دسترس گیاه و همچنین استفاده از داده‌های تشک تبخیر، کم‌هزینه‌ترین روش‌های تعیین زمان آبیاری هستند که با شناخت اهمیت مراحل

رشدی گندم می‌توانند کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی و گرما را به حداقل ممکن برسانند.



شکل ۱۰ - تسطیح نامناسب مزرعه و اثرات شرایط ماندابی بر بوته‌های گندم

.....

.....