



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
مؤسسه تحقیقات خاک و آب

# برنامه‌ریزی آبیاری آفتابگردان



نگارنده

رقیه رضوی

محقق مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نشریه فنی: 551

1396

عنوان: برنامه‌ریزی آبیاری آفتابگردان

نگارنده: رقیه رضوی

ناشر: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

سال انتشار: 1396

نوبت چاپ: اول

تیراژ: 100 نسخه

ویراستار: آقای دکتر حمید قیومی محمدی

صفحه‌آرایی و حروفچینی: شیرین اسدزاده

کارشناس انتشارات: زهرا محمدی

طراح جلد: سید هرمز سجادی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا

قیمت: 5000 تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این نشریه با شماره **51617** در تاریخ **96/2/6** در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به

ثبت رسیده است.

---

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

## مقدمه

کلیه نباتات برای فرآیندهای حیاتی، سیر تکامل طبیعی رشد و نمو و در نهایت بطور ویژه برای تولید محصول، نیاز مبرم به دریافت آب و جذب رطوبت دارند. در مناطقی که تمام و یا قسمتی از آب مورد نیاز توسط بارش تامین نشود، با انجام آبیاری بموقع و به میزان کفایت، آب تبخیر و تعرق شده جبران می‌گردد.

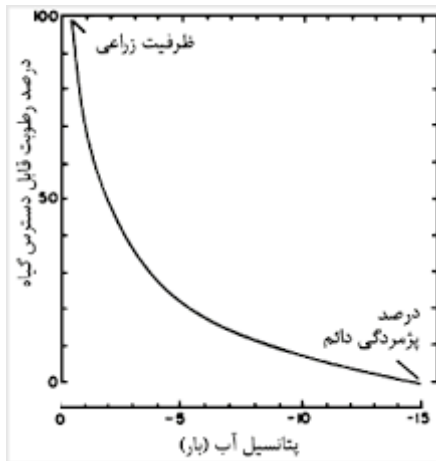
بخش کشاورزی در ایران یکی از مهم ترین بخش های اقتصادی می‌باشد و این در حالی است که اصلی ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی و غذایی، کمبود آب می‌باشد. بیشتر مناطق کشور ما را اقلیم خشک و نیمه‌خشک در بر می‌گیرد و به لحاظ کمبود ریزش‌های جوی و آب های در دسترس، از محدودیت-های بی‌شماری رنج می‌برد. همچنین با توجه به افزایش روزافزون جمعیت ضرورت دارد که با همین منابع محدود آب، تولیدات کشاورزی بهبود و افزایش یابد. لذا بهره برداری صحیح و اصولی از آب آبیاری که مهم ترین نهاده کشاورزی است، ضرورت دارد. در این راستا افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه یکی از راهکارهای اساسی جهت مقابله با این محدودیت می باشد.

## روابط آب، خاک و گیاه

برای این که آب از خاک وارد ریشه گیاه شود باید نیروی جاذبه‌ای در ریشه وجود داشته باشد که به سطح آورده شود و مثل یک فشار منفی عمل کند در عین حال خاک یا محلول غذایی نیز مکش یا جاذبه‌ای در جهت عکس دارد. تفاضل این نیرو مکش خالصی است که منجر به ورود آب در گیاه می‌شود. خاک به عنوان مخزنی آب را در خود ذخیره کرده و بتدریج در اختیار گیاه قرار می دهد. رطوبت قابل استفاده در خاک به خصوصیات خاک (بافت، عمق، میزان مواد آلی و ...) و گیاه (عمق توسعه ریشه، مرحله رشد و ...) بستگی دارد. در یک تخمین کلی میزان آب قابل ذخیره در یک متر خاک با بافت سبک (شنی و ...) برابر 60 میلی متر، خاک با

بافت متوسط (لوم و لوم سیلتی...) برابر 140 میلی متر و در خاک سنگین (سیلتی رسی و رسی و ...) برابر 180 میلی متر برآورد شده است (برهان، 1368).

هرچه میزان رطوبت خاک کمتر باشد گیاه باید نیروی بیشتری برای جذب آب از خاک مصرف نماید و کاهش رطوبت خاک تا نقطه پژمردگی باعث کاهش شدید عملکرد محصول می شود. بنابراین برای بدست آوردن مقدار مطلوب محصول نباید رطوبت خاک از حد معینی کمتر شود. بنا بر تعریف، درصدی از رطوبت قابل استفاده خاک که می تواند توسط گیاه مصرف شود بدون این که مقدار محصول کاهش یابد را مقدار تخلیه مجاز می گویند. میزان تخلیه مجاز بطور عمده به سه عامل نوع گیاه، نوع خاک و مرحله رشد گیاه بستگی دارد.



شکل 1- آب قابل استفاده در یک نمونه خاک

اعمال مدیریت صحیح و بکارگیری روش های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبت خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، از جمله اقدامات موثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب کشور می باشد. با توجه به این که خاک های سبک، استعداد کمی برای ذخیره و

نگهداری رطوبت دارند و خاک های با بافت سنگین، استعداد نگهداری رطوبت بیشتری را دارند و مقدار رطوبت قابل استفاده گیاه در حد فاصل بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم نسبتاً کم می باشد،

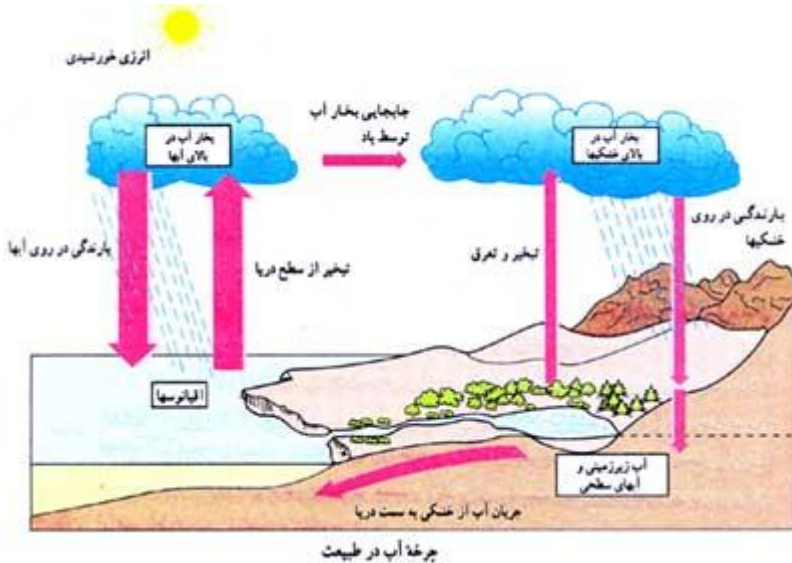
معمولاً یک تا سه روز پس از خیس شدن خاک به وسیله باران یا آبیاری، رطوبت موجود در خاک به وضع نسبتاً پایداری می رسد. در این حالت منافذ درشت خاک آب خود را از دست داده ولی منافذ ریز هنوز پر از آب بوده و گیاهان می توانند از آن استفاده کنند که این حد از رطوبت خاک به ظرفیت زراعی معروف است. هنگامی که گیاه در اثر کمبود رطوبت موجود در خاک با محدودیت آب مواجه شود در هنگام روز که مقدار مصرف آب بیشتر است به دلیل کاهش آب در بافت های خود دچار پژمردگی شده و هنگام شب با کاهش دما و مصرف کمتر آب، جذب آب از ریشه ها و مصرف آن در اندام های هوایی مجدداً موازنه برقرار می شود که به آن حد پژمردگی موقت می گویند. با جذب تدریجی آب توسط ریشه گیاهان و خروج آن به صورت تبخیر و تعرق از سطح خاک، مقدار آب خاک کاهش می یابد و آثار پژمردگی در برگ ها ظاهر می شود. در شرایطی که گیاه در روز پژمرده و در شب شاداب شود، گیاه به نقطه پژمردگی موقت رسیده است.

چنانچه مصرف آب ادامه یابد و آب موجود در خاک تامین نشود مقدار آب در خاک به حدی می رسد که امکان تامین آب مورد نیاز گیاه حتی در هنگام شب نیز فراهم نمی شود. در این حالت گیاه در طول شبانه روز در حالت پژمردگی است و در این وضعیت خاک را در نقطه پژمردگی دائم می نامند. با افزودن ماده آلی به خاک علاوه بر این که ظرفیت نگهداری خاک افزایش می یابد نفوذ پذیری آب نیز در خاک های سنگین اصلاح شده و از میزان تبخیر آب در خاک کاسته می شود و در نهایت کارایی مصرف آب آبیاری افزایش یافته و در مصرف آب صرفه جویی می گردد.

### تبخیر - تعرق

تبخیر- تعرق عبارتست از مجموع آبی که از سطح خاک و سطح گیاه تبخیر می‌گردد و نیز آبی که بوسیلهٔ ریشه‌ها از خاک جذب شده که قسمت جزئی این آب جذب شده به مصرف ترکیب نسوج نباتی می‌رسد و قسمت اعظم آن از طریق تبخیر از برگ‌های گیاه وارد فضا می‌شود که بر حسب ارتفاع آب در سطح مورد بحث در روز یا ماه یا فصل رشد مشخص می‌شود. عدم آگاهی از میزان آب مورد نیاز در هر شبکه آبیاری می‌تواند منجر به اتلاف هزینه‌های مصرفی در ایجاد آن گردد زیرا یا کانال‌ها و مجاری آب بیش از اندازه بزرگ طراحی می‌گردند یا آنقدر کوچک خواهند شد که ظرفیت انتقال آب لازم را نخواهند داشت. بطور کلی طراحی شبکه‌های آبیاری بدون تعیین آب لازم برای آبیاری موفق نخواهد بود (برهان، 1370).

تبخیر- تعرق گیاه تحت شرایط استاندارد، به تقاضای تبخیر از گیاهان اشاره دارد که در مزارع وسیع با آب کافی در خاک و تحت شرایط مدیریت زراعی و محیطی مطلوب رشد کرده و حداکثر محصول در شرایط اقلیمی مشخص را تولید کنند. آب خالص مورد نیاز یا نیاز آبی عبارت است از کل آبی که در طول دوره رشد گیاه از زمان کاشت تا زمان برداشت برای تولید حداکثر محصول (100 درصد تولید پتانسیل) به صورت تبخیر و تعرق مصرف می‌شود. نیاز خالص آب آبیاری، آن قسمتی از نیاز آبی محصول است که باید به وسیله آبیاری به صورت خالص در اختیار گیاه قرار داده شود و با کم کردن بارندگی مؤثر از نیاز آبی گیاه به دست می‌آید.



شکل 2- چرخه آب و تبخیر- تعرق گیاه

عوامل مدیریت زراعی و محیطی از جمله شوری، حاصلخیزی پایین خاک، کاربرد محدود کود، وجود سخت لایه غیرقابل نفوذ در خاک، عدم کنترل بیماری‌ها و آفت‌های گیاهی، همچنین مدیریت ضعیف عملیات زراعی، موجب محدود شدن رشد گیاه و کاهش تبخیر- تعرق می‌شود. سایر عوامل که باید در برآورد شدت تبخیر- تعرق در نظر گرفته شوند، پوشش سطح زمین، پوشش گیاهی و مقدار آب خاک است. اثر آب خاک بر فرآیند تبخیر- تعرق، به مقدار کمبود آب و نوع خاک بستگی دارد. آب فراوان و اضافی نیز با ایجاد شرایط ماندابی می‌تواند با مختل کردن تنفس ریشه گیاه، موجب آسیب رساندن به آن و محدود شدن روند جذب آب و مواد غذایی شود. در برآورد تبخیر- تعرق، تغییر عملیات مدیریت زراعی که بتواند بر عوامل اقلیمی و گیاهی مؤثر بر فرآیند تبخیر- تعرق تأثیرگذار باشد، باید در نظر گرفته شود (آلن و همکاران، 1998).

نیاز آب آبیاری، عبارت از مقدار آبی است که در آبیاری باید مصرف شود تا مقدار آب مورد نظر در خاک ناحیه ریشه ذخیره گردد. این مقدار شامل نیاز خالص آبیاری به علاوه تلفات در حین آبیاری می‌باشد و با تقسیم نمودن نیاز خالص آب آبیاری به راندمان آبیاری (Ea) به دست می‌آید.

## برنامه ریزی آبیاری آفتابگردان

آبیاری به معنای تامین کسری آب مورد نیاز گیاه است. هر گیاه در محل استقرار خود از محیط اطراف رطوبت مورد نیاز را جذب می‌کند. چنانچه تامین رطوبت بوسیله انسان و یا با به کارگیری روش های خاص صورت گیرد این فعالیت را آبیاری می‌گویند. برنامه ی صحیح و دقیق برای آبیاری به طوری که از یک طرف گیاهان دچار تنش رطوبتی نشوند و از طرف دیگر مصرف بی رویه آب موجبات هدر رفت آن را پدید نیاورد، از اولویت خاصی برخوردار است.

برنامه ریزی آبیاری یکی از مهم ترین راهکارهای مدیریتی می باشد که برای تعیین دفعات و زمان آبیاری و نیز کیفیت و میزان آبی که در هر آبیاری باید بکار برده شود استفاده می شود. به عبارت دیگر هدف برنامه ریزی آبیاری مشخص کردن مقدار دقیق آب مورد استفاده در مزرعه و زمان بندی دقیق کاربرد آن می باشد. هدف برنامه ریزی آبیاری به حداکثر رساندن کارایی آبیاری با بکار بردن مقدار دقیق آب مورد نیاز گیاه و رساندن رطوبت خاک به حد مطلوب است. برنامه ریزی آبیاری از مهم ترین و کارآمدترین روش های نرم افزاری استفاده بهینه از آب آبیاری در مزارع می باشد. اساسا برنامه آبیاری تابع وضعیت آب (از نظر کمی و کیفی)، ژنتیک خاک و زمین ریخت (به لحاظ موقعیت ژئومورفیک، رده بندی خاک، خصوصیات فیزیکی و حاصلخیزی در خاک و...)، اقلیم، گیاه و سیاست های حاکم بر کشاورزی در هر منطقه است. برخی اوقات بیشینه تولید به ازای واحد سطح مدنظر بوده و گاهی بیشینه تولید برای واحد آب هدف است. بنابراین آگاهی از دور و عمق مناسب آبیاری برای هر گیاه در هر منطقه اقلیمی از اطلاعات ضروری و پایه می



باشد. به دلیل اهمیت فراوان تعیین زمان صحیح آبیاری و مقدار آب لازم برای رشد بهینه گیاه، به طوری که گیاه دچار تنش رطوبتی نشود و از آبیاری بیش از حد نیاز اجتناب گردد، کوشش‌های زیادی برای دستیابی به روش‌های مطلوب تعیین برنامه آبیاری صورت گرفته است که هر یک از آن‌ها می‌تواند وضعیت رطوبتی خاصی را در نیمرخ خاک و منطقه ریشه گیاه ایجاد کرده و تأثیر قابل توجهی روی جذب آب بوسیله ریشه و در نتیجه رشد گیاه و عملکرد محصول داشته باشد.

برای این که یک زارع برنامه‌ریزی آبیاری موفق داشته باشد لازم است که به آب آبیاری و روش‌های تامین آب دسترسی داشته و اطلاعاتی از روابط آب و خاک و گیاه برای تامین نیاز آبی آفتابگردان در اختیار داشته باشد و این که برای آبیاری آفتابگردان در هر آبیاری چه مقدار آب مورد نیاز است؟ (عمق آبیاری) و آب مورد نیاز در هر مرحله از رشد آفتابگردان با چه فاصله زمانی به کار برده شود (دور آبیاری در هر مرحله رشد)؟. هر کشاورز بایستی با توجه به منبع آب در دسترس که غالباً محدود می‌باشد، برنامه‌ریزی لازم را با بهره‌وری مطلوب از منابع آب همراه با جلوگیری از هدررفت آب در مزارع، لحاظ نموده و در نهایت بهره‌برداری از منابع کشاورزی با کارآیی و راندمان آبیاری بالا را در راستای توسعه کشاورزی پایدار در کشور به انجام برساند.

بعضی از این روش‌ها بر اساس ارزیابی وضعیت آب خاک می‌باشد (برونر، 2001) که اندازه‌گیری و پایش رطوبت و یا پتانسیل آب خاک از جمله آن‌هاست. در روش اول با تعیین رطوبت و خصوصیات هیدرولیکی خاک منطقه ریشه و نیاز گیاه در مراحل مختلف رشد، زمان و مقدار آب لازم برای رشد بهینه گیاه تعیین می‌شود (کمپل و کمپل، 1982). در روش دوم با اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک و پتانسیل آستانه‌ای برای گیاهان مختلف، زمان مناسب آبیاری تعیین می‌شود. از روش‌های دیگر برای تعیین برنامه آبیاری، ارزیابی وضعیت گیاه می‌باشد (جونز، 2004). استفاده از وضعیت آبی گیاه از جمله پتانسیل آب برگ برای برنامه‌ریزی آبیاری کمک می‌کند.

برنامه ریزی آبیاری بهینه بر اساس اندازه گیری یا تخمین نگهداشت رطوبت خاک و نیاز آبی گیاه، یکی از بهترین روش ها برای مدیریت آبیاری است. مدیریت آب آبیاری بر اساس اندازه‌گیری رطوبت موجود در خاک روش متداولی در تولیدات کشاورزی است. آگاهی از رطوبت خاک در هر مرحله به مدیر مزرعه این امکان را می‌دهد تا رطوبت موجود در خاک را در حد مورد نظر نگه دارد.

### مراحل فنولوژیک رشد آفتابگردان

1- مرحله جوانه زنی و ظهور برگ: دانه آفتابگردان پس از جذب آب، در دمای 7 تا 9 درجه سانتی گراد رشد خود را آغاز کرده و شروع به جوانه زدن می‌کند (استدوتو و همکارن، 2012).



شکل 3- مرحله جوانه زنی و ظهور برگ

## 2- مرحله سبز شدن تا ستاره ای شدن



شکل 4- مرحله سبز شدن تا ستاره‌ای شدن

3- مرحله رویت طبق، هنگامی است که گل آذین مریستمی در 50 درصد از بوته ها قابل مشاهده است. در این زمان گل آذین که توسط براکته های نابالغ احاطه شده است به صورت یک برجستگی متورم دیده می شود، ولی هنوز گل آذین از برگ های زیرین فاصله نگرفته است. وجود براکته ها در اطراف گل آذین به آن ظاهری ستاره می دهد. هنگامی که براکته ها حذف می شوند، نهج کوچکی به قطر حدود 10 میلیمتر قابل مشاهده است.



شکل 5- مرحله رویت طبق

4- مرحله ظهور غنچه: با بالا رفتن درجه حرارت در این مرحله نیاز گیاه به آب روز به روز بیشتر می شود.



شکل 6- مرحله ظهور غنچه

5- مرحله گلدهی: در مرحله شروع گرده افشانی، گل های نابالغ زبانه ای کاملاً گسترش یافته اند. تمامی گل های مرکزی قابل رویت می باشند. در این مرحله خارجی ترین حلقه گل ها در 50 درصد از طبق ها در حالت گرده افشانی می باشند.



شکل 7- مرحله گلدهی

**6- گلدهی کامل:** در مرحله خاتمه گرده افشانی، گل های زبانه ای در حالت پژمرده شدن هستند و گل های مرکزی در 50 درصد از طبق ها در حالت گرده افشانی می باشند.



شکل 8- مرحله گلدهی کامل

**7- شروع رسیدگی:** پیدایش اولین لکه های زردی با شروع رسیدگی و کاهش سریع رطوبت دانه همراه است. در این مرحله، پشت طبق رنگ زرد روشنی پیدا می کند. لکه های زردی ممکن است ابتدا در ناحیه پایه طبق و یا در حاشیه طبق مشاهده گردند.

**8- رسیدگی فیزیولوژیک:** در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، براکته ها و قسمت اعظمی از پشت طبق در 50 درصد از بوته ها قهوه ای شده است. از نظر فیزیولوژیکی، هر دانه را هنگامی رسیده محسوب می دارند که رطوبت آن به حدود 45 درصد رسیده باشد. نظر به اینکه دانه های حاشیه ای و میانی در زمان های مختلفی به این مرحله می رسند، زمان رسیدگی فیزیولوژیک مزرعه را بر اساس رسیدن میانگین رطوبت دانه های طبق به حدود 35 درصد مشخص می کنند.



شکل 9- مرحله رسیدگی فیزیولوژیک

طول هریک از مراحل نمو فوق الذکر به رقم و شرایط محیطی بستگی زیادی دارد. دمای پایین، تنش رطوبتی و کیفیت نامطلوب بستر سبب طولانی شدن دوران کاشت تا سبز شدن می شود. دوران سبز شدن تا رویت طبق تحت تاثیر افزایش دما، تنش رطوبتی و روزهای کوتاه (در ارقام حساس به طول روز) کوتاه می گردد.

## نیاز آبی آفتابگردان

پرورش آفتابگردان در تناوب با سایر گیاهان برای پایداری سیستم کشت بسیار مهم است. در واقع به عنوان گیاهی که اگر بعد از کشت گیاهان دارای ریشه کم عمق کاشته شود، می‌تواند بقایای نیتروژن شسته شده و آب باقیمانده در محدوده ریشه خود را که در عمق‌های پایین‌تر توسط گیاه قبلی مصرف نشده است، استفاده نماید (استدوتو و همکاران، 2012).

نیاز آبی هر گیاه از جمله آفتابگردان بسته به درجه حرارت، رطوبت نسبی هوا، تشعشع خورشیدی، میزان سرعت باد، بارندگی و نوع رقم مورد کشت متفاوت می‌باشد. قسمت زیادی از آب جذب شده توسط ریشه گیاه پس از عبور از بافت‌های گیاهی از طریق روزنه‌های برگ به صورت بخار وارد هوا می‌شود که همان تفرق می‌باشد و قسمتی نیز از سطح گیاه تبخیر شده و نیاز آبی مجموع آن هاست. محققین از طریق تعیین مرحله‌ای از رشد که به تنش آب بیشترین حساسیت را دارد و نیز اندازه‌گیری مصرف آب در یک مرحله معین رشد، مراحل بحرانی نیاز آبی آفتابگردان را مشخص کرده‌اند.

کمبود آب در مراحل مختلف رشد آفتابگردان از جوانه زدن بذر تا تشکیل دانه بر عملکرد نهایی موثر است. تنش آبی در هر مرحله از رشد کمی و کیفی متفاوت، دارای اثرات متفاوت مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی روی گیاهان است (کرامر، 1969). علاوه بر این در مراحل مختلف رشد آفتابگردان نیز مقدار آب مصرفی متفاوت بوده به طوری که در مرحله گل دادن بیش از سایر مراحل دیگر به آب احتیاج دارد در حالی که نیاز آبی هنگام سبز شدن به حداقل می‌رسد. کمبود شدید آب در دوره رشد سبزینه، باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود، اما ممکن است عمق ریشه را زیاد کند (دورنبوس و کاسام، 1979). مرحله گلدهی به کمبود آب بسیار حساس است. کاهش آب در طول مدت گلدهی، تعداد گل را در گیاه و همچنین تعداد دانه را در طبق کم می‌کند. پر شدن دانه، مرحله بعدی حساس به

آب است که کمبود آب، منجر به کاهش محصول دانه شده و مقدار روغن نیز کاهش می‌یابد. در طول مرحله رسیدن، دوره خشکی همراه با عدم آبیاری و تنش گیاه، تأثیر ناچیزی در کاهش محصول دارد (دورنبوس و کاسام، 1979).

آفتابگردان ریشه توسعه یافته‌ای دارد که گیاه را به خشکی مقاوم می‌سازد. گیاه در مرحله رشد رویشی و اواخر رسیدگی دانه به خشکی مقاوم است، اما از مرحله رویت طبق تا رنگ گیری کامل دانه‌ها به خشکی حساس است. آفتابگردان گیاهی است که مقاوم به تنش خشکی است (استدوتو و همکاران، 2012). تبخیر تعرق آفتابگردان بین 600 تا 1000 میلی‌متر متفاوت است که به اقلیم و طول دوره رشد بستگی دارد. تبخیر تعرق از زمان جوانه زدن تا گل دادن افزایش می‌یابد که 20% کل آب مصرفی آفتابگردان در دوره رشد سبزینه‌ای است و 55% آب مصرفی در دوره گل دهی و 25% آن در زمان تشکیل دانه و رسیدن می‌باشد (دورنبوس و کاسام، 1979). ارقام پاکوتاه آفتابگردان ممکن است آب کمتری از حد معمول مصرف کنند (حدود 450 میلی‌متر) در حالی که ارقام با فصل رشد طولانی ممکن است بیش از 800 میلی‌متر در طول دوره رشد مصرف آب داشته باشند (استدوتو و همکاران، 2012).



شکل 10 - آبیاری آفتابگردان



## دور آبیاری آفتابگردان

برای تامین نیاز آبی آفتابگردان، تعیین زمان آبیاری آفتابگردان ضروری می باشد. تشخیص مراحل مختلف رشد آفتابگردان نقش بسزایی در انجام عملیات داشت به ویژه آبیاری، مصرف کودها و سموم شیمیایی دارد. زمان بندی دقیق آبیاری را می توان با اندازه گیری نگهداشت رطوبت خاک انجام داد. تعیین زمان آبیاری به عوامل مختلف از جمله منبع آب آبیاری بستگی دارد. پس از تعیین نیاز آبی آفتابگردان، دور آبیاری و برنامه ریزی آن در اولویت قرار دارد. دور آبیاری بستگی به منابع آبی منطقه دارد. اگر منبع آبی دارای محدودیت باشد مثلاً در شرایطی که زارع دارای حقاچه است ناگزیر بایستی تنظیم آبیاری و دور آبیاری براساس حقاچه باشد.

1- زمانی که منابع آب در دسترس محدود است، یا در شرایطی که منابع محدودی از آب در دسترس باشد دور آبیاری تابع زمان دریافت آب و مقدار آن است. مثلاً در شرایطی که زارع دارای حقاچه است ناگزیر به تنظیم برنامه آبیاری با آن می باشد و یا در شرایطی که مقدار آب در دسترس محدود باشد، مقدار آب و دور آبیاری متناسب با آن تعیین می گردد. در شرایط فوق بهتر است نحوه توزیع آب در سطح مزرعه به نحوی باشد که تلفات به حداقل برسد و سعی شود که در یک یا چند مرحله از مراحل حساس به رطوبت که شامل زمان اواخر رشد سبزینه، گل دهی، پر شدن دانه است، آبیاری انجام گیرد. برای هر نوبت آبیاری به روش کرتی حدود 90 تا 100 میلی متر آب مورد نیاز است (مقدار تلفات آب در کانال های مزرعه بخصوص در کانال های خاکی در نظر گرفته نشده است).

2- محدودیت منابع آب نداشته و با برنامه ریزی آبیاری بر اساس مقدار آب خالص مورد نیاز آفتابگردان و میزان رطوبت ذخیره شده (آب قابل استفاده) در خاک و منطقه ریشه صورت می گیرد. اطلاع از حاصلخیزی خاک، نیاز تغذیه ای محصول، مراحل رشد گیاه، حساسیت آفتابگردان به تنش آبی، روابط خاک، آب و گیاه، دسترسی به آب، عوامل اقلیمی نظیر بارندگی، درجه حرارت، رطوبت و تشعشع

خالص نقش مهمی در تعیین مدیریت آبیاری و دور آبیاری دارد. دور آبیاری آفتابگردان هر منطقه از تقسیم مقدار رطوبت ذخیره شده یا آب قابل استفاده خاک (سهل الوصول) بر نیاز آبی روزانه بدست می‌آید. بنابراین می‌توان مناطق را به دو قسمت کرد:

1- مناطقی که شرایط و شدت تبخیر و تعرق به گونه ای است که نیاز است دور آبیاری بر اساس تقویم روزشمار تنظیم شود. 2- مناطقی که فواصل آبیاری آنقدر طولانی است که می‌توان از مراحل فنولوژیک و علائم وقوع آن‌ها کمک گرفت و دقت نظر آبیاری در مراحل حساس را بیشتر کرد.

تبخیر از تشتک از جمله پارامترهای هواشناسی است که در ایستگاه‌های هواشناسی به طور روزانه اندازه گیری می‌شود و اثرات کلیه عوامل آب و هوایی از جمله دما، باد، رطوبت و تشعشع را نشان می‌دهد. لذا تبخیر می‌تواند مبنای مناسبی در انتخاب دور آبیاری باشد. بر اساس مطالعات انجام شده در منطقه توصیه می‌شود در صورتی که اطلاعات تبخیر روزانه در دسترس باشد، از اعداد آن که همان تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A می‌باشد، برای تعیین دور آبیاری مناسب هر منطقه استفاده می‌شود.



شکل 11- تشتک کلاس A

### عمق آب خالص آبیاری آفتابگردان در هر نوبت

عمق خالص آبیاری آفتابگردان مقدار آبی است که در منطقه ریشه نفوذ می کند. کمبودها و نواقص موجود در سیستم آبیاری و بخصوص تسطیح ناکافی و عملیات زراعی ضعیف باعث بروز تلفاتی در آب مصرفی می شود. لذا در محاسبات برنامه آبیاری باید راندمان آبیاری تخمین زده شود. عمق خالص آبیاری همان آب سهل الوصول است که بایستی در منطقه ریشه ذخیره شود.

آب مورد نیاز آفتابگردان در هر نوبت آبیاری به ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک، مقدار مجاز کاهش رطوبت خاک با توجه به مراحل رشد آفتابگردان و روش آبیاری بستگی دارد. هرچه ظرفیت ذخیره رطوبت در خاک و همچنین درصد آب قابل استفاده از این تبخیر بیشتر باشد، عمق آب آبیاری افزایش می یابد و در نتیجه دور آبیاری نیز طولانی تر می گردد. آب قابل استفاده خاک (سهل الوصول) بر مبنای خصوصیات خاک و عمق توسعه ریشه و درصد مجاز تخلیه رطوبت برای آفتابگردان در هر منطقه متفاوت می باشد. بنابراین در هر نوبت آبیاری بطور خالص معادل مقدار محاسبه شده هر منطقه آب مورد نیاز است.

### عمق آب ناخالص مورد نیاز آبیاری آفتابگردان در هر نوبت

بخشی از آب آبیاری در ضمن انتقال در کانال، نهر و جوی آبیاری و همچنین در زمان توزیع در سطح مزرعه به صورت نفوذ عمقی و گاه رواناب سطحی تلف می شود. آب پس از ورود به خاک باید عمق مورد نظر را که معمولاً عمق ریشه می باشد خیس نماید. به منظور جبران تلفات آب و برای پخش یکنواخت تر آب در عمق خاک، لازم است آب آبیاری بیشتر از آب (خالص) مورد نیاز گیاه باشد. لذا آب مورد نیاز را بر ضریبی به نام راندمان آبیاری تقسیم و آب آبیاری ناخالص مورد نیاز محاسبه می شود، ضریب راندمان آبیاری کمتر از یک بوده و مقدار آن به سیستم های انتقال و توزیع آب و همچنین روش و مدیریت آبیاری بستگی دارد. اعمال

مدیریت صحیح و بکارگیری روش های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، از جمله اقدامات موثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب کشور می باشد. در کتاب برآورد نیاز آبی محصولات زراعی و باغی، فرشی و همکاران (1376)، مقدار آب خالص مورد نیاز آفتابگردان و ضرائب گیاهی آفتابگردان در مراحل چهارگانه رشد را برای کل کشور برآورد کرده‌اند. در این برآورد مقدار بارندگی موثر و سایر پارامترهای مورد نیاز از داده های هواشناسی 30 ساله برای کل کشور استفاده شده و آب خالص آبیاری پس از کسر بارندگی موثر مورد توصیه قرار گرفته است. این ارقام یک برآورد است و استفاده از نتایج تحقیقات محلی در تکمیل این توصیه ها لازم و مفید است.

از آنجایی که نتایج تحقیقات مزبور با نتایج محلی در هر شهرستان (لایسیمتر و ...) توسط یک گروه محقق مطابقت داده شده، این منبع به عنوان تنها مرجع علمی و قابل اعتماد در کشور در زمینه نیاز آبی قابل استفاده می باشد. اساس تحقیق فوق نیز همان پیشنهادات FAO می باشد که برای مناطق مختلف کشور (شهرستان) تطبیق داده شده است. در روش پیشنهادی FAO ابتدا مراحل مختلف رشد برای هر گیاه با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیائی مناطق مشابه، و تطبیق آن با شرایط محلی تعیین می گردد. این برنامه امکان انجام موارد زیر را بوجود می آورد:

- تدوین و طرح ریزی جداول شاخص آبیاری که با شرایط عملی مزرعه هماهنگ و همساز گردیده اند.

- بر آورد برنامه های آبیاری مزرعه در قالب راندمان مصرف آب و تولید محصول  
- تنظیم مدل آبیاری مزرعه تحت شرایط کم آبی، شرایط وجود بارندگی و استفاده از آن، آبیاری های تکمیلی و غیره

لازم به ذکر است که محاسبات مربوط به برنامه ریزی آبیاری در این برنامه بر پایه تراز آبی قرار دارد که طی آن جریان آب ورودی و خروجی (تبخیر، بارندگی، آبیاری) در منطقه ریشه گیاه و در خاک، به صورت روزانه تعیین و کنترل می گردد. در خصوص کاربرد مدل های کامپیوتری در زمینه های مختلف مطالعاتی

بالاخص مطالعات آبیاری و زهکشی، ذکر این نکته لازم است که کاربرد این برنامه‌ها زمانی نتایج قابل قبول و موفقیت آمیزی در بر خواهد داشت که اطلاعات اولیه مورد نیاز آن‌ها به طور دقیق برآورد شده باشد. با توجه به اهمیت این مطلب، پارامترهای اولیه مورد نیاز برنامه CROPWAT جهت محاسبات جدول آبیاری مورد بررسی و برآورد قرار می‌گیرد و سپس بر پایه این اطلاعات، برنامه ریزی آبیاری که شامل محاسبه عمق آبیاری، دور آبیاری، زمان آبیاری و غیره می‌شود صورت می‌گیرد. همچنین در کتاب برآورد نیاز آبی محصولات زراعی، مقدار نیاز آبیاری برای تولید 100 در صد و 75 درصد و 50 درصد عملکرد برآورد شده‌است (فرشی و همکاران 1376). در جدول 1 میزان و تعداد نوبت آبیاری برای محصول 100، 75 و 50 درصد عملکرد آفتابگردان در مناطق مختلف کشور در سه نوع خاک، با توجه به توصیه فرشی و همکاران برآورد شده‌است.

میزان و تعداد نوبت آبیاری برای محصول 100، 75 و 50 درصد عملکرد آفتابگردان

#### در مناطق مختلف کشور در سه نوع خاک

تعداد نوبت آبیاری در گروه های مختلف بافت خاک <sup>(4)</sup>	نیاز آبیاری <sup>(3)</sup>			نیاز خالص <sup>(2)</sup> آب آبیاری (m <sup>3</sup> /ha)	آب خالص مورد نیاز <sup>(1)</sup> (نیاز آبی) (m <sup>3</sup> /ha)	درصد تولید پتانسیل	شهرستان	استان
	ریز	متوسط	سبک					
6	9	21	7440	5210	5980	100	ارومیه	آذربایجان غربی
4	6	15	5200	3640		75		
2-3	3-4	8-9	2940	2060		50		
6	8-9	20	7110	4980	5930	100	خوی	
4	6	14	4890	1860		75		
2	3	7-8	2660	3420		50		
7	9-10	26	8140	5700	6280	100	مهاباد	
5	7	19	5790	4050		75		
2	4	12	3410	2390		50		
8	12	29-28	9930	6950	7710	100	نقده	
6	8	20	7030	4920		75		
3-4	5	12	4130	2890		50		

ریز	تعداد نوبت آبیاری در گروه های مختلف بافت خاک <sup>(4)</sup>		نیاز آبیاری <sup>(3)</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	نیاز خالص آب آبیاری <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	آب خالص مورد نیاز <sup>(1)</sup> (نیاز آبی) (m <sup>3</sup> /ha)	درصد تولید پتانسیل	شهرستان	استان
	متوسط	سبک						
6 4 2-3	9 6 3-4	21-22 14 9	7540 4840 3090	5820 3390 2160	6950	100 75 50	مرند	آذربایجان شرقی
9 6-7 4	12-13 9 6	30 22 14	10590 7770 4960	7410 5440 3470	7490	100 75 50	اصفهان	اصفهان
9 7 4	13 9-10 6	32 23-24 15	11210 8190 5170	7850 5730 3620	8040	100 75 50	ورامین	تهران
9 6-7 4	13 9 6	31 22-23 14	10770 7830 4890	7540 5480 3420	7830	100 75 50	کرج	
7 5 3	10 7 4-5	24 18 11	8510 6230 3940	5960 4360 2760	6080	100 75 50	شهرکرد	چهارمحال و بختیاری
8-9 6 4	12 9 5	29-30 21 12-13	10300 7360 4410	7210 5150 3090	7830	100 75 50	مشهد	خراسان
6-7 5 3	9-10 7 4	23 16-17 10	7960 5790 3610	5570 4050 2530	5780	100 75 50	دزفول	خوزستان
8-9 6 4	12 8-9 5	29 21 13	10140 7300 4460	7100 5110 3120	7560	100 75 50	تاکستان	زنجان
11 8 5	15-16 11-12 7	38 28 18	13190 9690 6200	9230 6780 4340	9290	100 75 50	خاش	سیستان و بلوچستان
8 6 3-4	11 8 5	27-28 20 12	9610 6940 4270	6730 4860 2990	7110	100 75 50	قزوین	قزوین
8 6 4	11 8 5	27 20 12-13	9500 6960 4410	6650 4870 3090	6700	100 75 50	قم	قم

تعداد نوبت آبیاری در گروه های مختلف بافت خاک <sup>(4)</sup>			نیاز آبیاری <sup>(3)</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	نیاز خالص آب آبیاری <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	آب خالص مورد نیاز <sup>(1)</sup> (نیاز آبی) (m <sup>3</sup> /ha)	درصد تولید پتانسیل	شهرستان	استان		
ریز	متوسط	سبک								
6-7	9	22-23	7870	5510	6190	100	شیراز	فارس		
4-5	6-7	16	5540	3880		75				
3	4	9	3210	2250		50				
7	10	24	8510	5960	6620	100	مرودشت			
5	7	17	6030	4220		75				
3	4	10	3540	2480		50				
6-7	9	22	7690	5380	5850	100	سقز		کردستان	
4-5	6-7	16	5490	3840		75				
3	4	9-10	3290	2300		50				
7	10	25	8630	6040	6490	100	جیرفت			
5	7	18	6190	4330		75				
3	4-5	11	3740	2620		50				
6	8-9	20-21	7170	5020	5130	100	بافت	کرمان		
4-5	6	15	5240	3670		75				
3	4	9-10	3310	2320		50				
8	11	27	9440	6610	6890	100	بردسیر			
5-6	8	19-20	6860	4800		75				
3-4	5	12	4260	2980		50				
10	14	34	11830	8280	8830	100	کهنوج			
7	10	24	8500	5950		75				
4	6	15	5190	2630		50				
7-8	11	26	9160	6410	7360	100	سنقر	کرمانشاه		
5	7-8	18	6390	4470		75				
3	4	10	3630	2540		50				
4-5	6-7	16	5510	3860	5390	100	گنبد		گلستان	
3	4	10	3490	2440		75				
1	2	4	1460	1020		50				
5	6-7	16	5600	3920	5410	100	ساری			مازندران
3	4	10	3570	2500		75				
1	2	4-5	1530	1070		50				
5-6	8	19	6660	4660	6010	100	قائم‌شهر			
3-4	5	12-13	4370	3060		75				
2	2-3	6	2070	1450		50				
6	8	20	6910	4840	5920	100	بابل			
4	5-6	13-14	4690	3280		75				
2	3	7	2460	1720		50				
5	7	17	5830	4080	5380	100	امل			
3	4-5	11	3800	2660		75				
1-2	2	5	1790	1250		50				

ریز	تعداد نوبت آبیاری در گروه های مختلف بافت خاک <sup>(4)</sup>		نیاز آبیاری <sup>(3)</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	نیاز خالص آب آبیاری <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	آب خالص مورد نیاز <sup>(1)</sup> (نیاز آبی) (m <sup>3</sup> /ha)	درصد تولید پتانسیل	شهرستان	استان
	متوسط	سبک						
8	11	27	9500	6650		100	اراک	مرکزی
6	8	20	6960	4870	6770	75		
4	5	12-13	4410	3090		50		
6-7	9	22-23	7910	5540		100	همدان	همدان
5	7	16	5660	3960	5990	75		
3	4	10	3410	2390		50		
8	11	27	9340	6540		100	رزن	همدان
5-6	8	19	6670	4670	7100	75		
3	5	11-12	4000	2800		50		
8	11-12	28	9710	6800		100	نهایند	همدان
6	8	20	7090	4960	6970	75		
4	5	13	4470	3130		50		
9-10	13	32	11310	7920		100	یزد	یزد
7	10	24	8330	5830	7930	75		
4-5	6	15	5360	3750		50		

- 1 - آب خالص مورد نیاز یا نیاز آبی عبارت است از کل آبی که در طول دوره رشد گیاه از زمان کاشت تا زمان برداشت برای تولید حداکثر محصول (100 درصد تولید پتانسیل) به صورت تبخیر و تعرق مصرف می‌شود.
- 2 - نیاز خالص آب آبیاری، آن قسمتی از نیاز آبی محصول است که باید به وسیله آبیاری به صورت خالص در اختیار گیاه قرار داده شود و با کم کردن بارندگی مؤثر از نیاز آبی گیاه به دست می‌آید.
- 3 - نیاز آب آبیاری، عبارت از مقدار آبی است که در آبیاری باید مصرف شود تا مقدار آب مورد نظر در خاک ناحیه ریشه ذخیره گردد. این مقدار شامل نیاز خالص آبیاری به علاوه تلفات در حین آبیاری می‌باشد و با تقسیم نمودن نیاز خالص آب آبیاری به راندمان آبیاری (Ea) به دست می‌آید. در اینجا راندمان آبیاری برابر 70 درصد (Ea=0.70) در نظر گرفته شده است.
- 4 - کلیه کلاس های بافت خاک بر اساس میزان آب قابل دسترس (available water) در سه گروه؛ درشت و سبک بافت شامل LS, SL, S, متوسط بافت شامل , درشت و سبک بافت شامل S, متوسط بافت شامل ,



SiL, Si L, FSL و ریز بافت (سنگین و خیلی سنگین) شامل SiC, SCL, CL, C SiCL, قرار گرفته‌اند. میزان آب در هر نوبت آبیاری آفتابگردان برای این سه دسته

$$d = \frac{p \cdot Sa}{Ea}$$

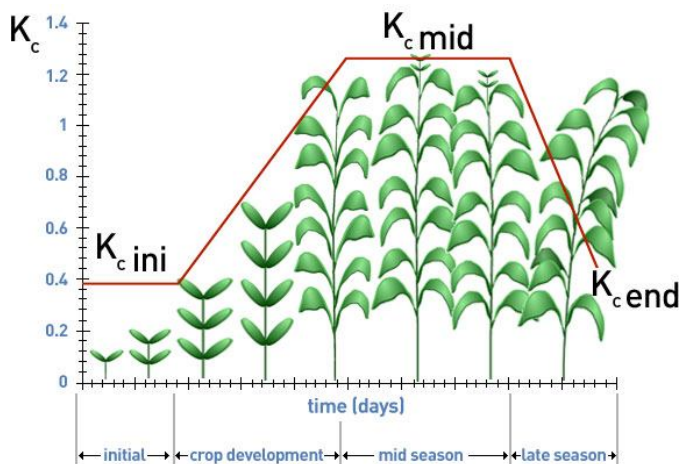
بافت به ترتیب 40، 90 و 130 میلی‌متر در نظر گرفته شده که از رابطه محاسبه شده است که در آن  $d$  عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر؛  $Sa$  کل آب قابل دسترس خاک بر حسب میلی‌متر در هر متر خاک ( $\text{mm/m}$ ) و  $p$  بخش سهل الوصول آب خاک و  $Ea$  راندمان آبیاری می‌باشد. در اینجا  $Sa$  برای سه دسته بافت خاک، سبک و درشت، متوسط و ریزبافت به ترتیب برابر 55، 130 و 185 میلی‌متر در هر متر خاک و  $p=0/45$  و  $Ea=70\%$  در نظر گرفته شده‌اند. ضریب تخلیه مجاز ( $p$ ) برای آفتابگردان  $0/45$  در نظر گرفته شده و تمامی محاسبات برای عمق توسعه ریشه یک متر انجام شده‌اند. فرشی و همکاران (1376) آب خالص مورد نیاز آفتابگردان را از 513 تا 929 میلی‌متر در شهرهای مختلف کشور برآورد کرده‌اند. همچنین آب خالص مورد نیاز آفتابگردان در برآورد سند ملی آب بین 497 تا 837 میلی‌متر در مناطق مختلف کشور ارائه شده است که هر دوی این‌ها مشابه می‌باشند.

### مراحل رشد آفتابگردان برای آبیاری



شکل 12- مراحل رشد آفتابگردان برای آبیاری

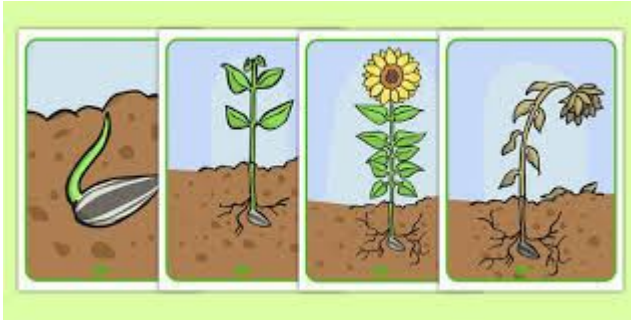
پس از کاشت، پوشش سطح زمین، ارتفاع گیاه و سطح برگ با رشد گیاه تغییر می‌کند. ضریب گیاهی یک نبات مشخص در طول دوره رشد، به دلیل تفاوت تبخیر- تعرق در مراحل مختلف، تغییر خواهد کرد. دوره رشد گیاه را می‌توان به چهار مرحله متمایز اولیه، توسعه گیاه، میانی و پایانی تقسیم کرد (آلن و همکاران، 1998). در نشریه شماره 56 فائو طول دوره رشد برای آفتابگردان 130 روز و مراحل رشد برای آبیاری به شرح زیر توسط آلن و همکاران (1998) تقسیم شده است که این مراحل برای تعیین ضریب گیاهی بکار گرفته می‌شود. عامل ضریب گیاهی در تعیین آب مورد نیاز گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا از یک سو تحت تاثیر خصوصیات فیزیولوژی گیاه و مراحل رشد آن و از سوی دیگر تحت تاثیر شرایط عملی از قبیل تاریخ کاشت، نوع کاشت و سایر امور مربوط به کشاورزی و آبیاری قرار دارد. برای دستیابی به مقدار Kc برای محصولات مختلف، دستورالعمل‌های ارائه شده توسط سازمان خوار و بار جهانی F.A.O در نشریه 24 توسط دورنباس و همکاران (1977) به همراه نتایج فعالیت تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج وزارت کشاورزی در مورد برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد 1 و 2) توصیه شده است. ضریب گیاهی برای مرحله آغازین، میان فصل و زمان برداشت باید داده شود و مقادیر آن برای مرحله توسعه نباتات باید از طریق میان‌یابی بدست آید. این مقادیر در جداول پیشنهادی فائو و یا فایل‌های گیاهی برنامه Cropwat موجود است. لیکن این ضرایب باید از طریق پژوهش و کشت و کار برای هر منطقه بطور دقیق محاسبه گردد.



شکل 13- ضریب گیاهی

### مرحله اولیه رشد

مرحله اولیه از تاریخ کشت شروع و نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ده درصد پایان می‌یابد. طول مرحله اولیه به طور عمده به نوع، گونه گیاه، زمان کشت و اقلیم بستگی دارد. پایان مرحله اولیه هنگامی است که پوشش گیاهی فعال حدود ده درصد سطح زمین را بپوشاند. طول این دوره برای آفتابگردان حدود 25 روز می‌باشد (آلن و همکاران، 1998). در طول مرحله اولیه رشد، سطح برگ محدود بوده و تبخیر- تعرق، به طور عمده، به صورت تبخیر از خاک سطحی است. بنابراین ضریب گیاهی ( $K_c ini$ ) در مرحله اولیه رشد هنگامی که خاک با آبیاری و یا بارندگی خیس شده، بالا و هنگامی که خاک سطحی خشک است، پایین می‌باشد (آلن و همکاران، 1998).



شکل 14- مراحل رشد

### مرحله توسعه گیاه

مرحله توسعه گیاه، از زمان پوشش گیاهی 10 درصد شروع می‌شود و تا زمان پوشش مؤثر کامل ادامه می‌یابد. زمان پوشش مؤثر کامل برای بسیاری از گیاهان، مصادف با شروع گل‌دهی است. برای گیاهان ردیفی مانند لوبیا، چغندر قند، سیب زمینی و ذرت، زمان پوشش مؤثر کامل هنگامی است که با تداخل برگ بوته‌های هم‌جوار، سایه‌اندازی خاک تقریباً کامل می‌شود (آلن و همکاران، 1998). این مرحله در آفتابگردان تا رویت طبق ادامه می‌یابد. طول این دوره برای آفتابگردان حدود 35 روز می‌باشد (آلن و همکاران، 1998).

### مرحله میانی رشد

مرحله میانی رشد، از زمان برقراری پوشش کامل مؤثر شروع شده و تا رسیدن محصول ادامه می‌یابد. اغلب با پلاسیدگی گیاه یعنی زرد یا پلاسیدن و ریزش برگ تا حدی که تبخیر-تعرق گیاه نسبت به تبخیر-تعرق مرجع کاهش یابد، مرحله رسیدن محصول ظاهر می‌شود. مرحله میانی طولانی‌ترین مرحله رشد در گیاهان چند ساله و بسیاری از گیاهان سالانه می‌باشد. لیکن، برای سبزی‌ها که برای تازه‌خوری برداشت می‌شوند، این مرحله ممکن است کوتاه باشد. در مرحله

میانی رشد، ضریب گیاهی (Kc mid) به بیشترین مقدار می‌رسد. تفاوت ضریب گیاهی از مقدار مرجع، به طور عمده، ناشی از تفاوت مقاومت و ارتفاع گیاه و سطح مرجع چمن و همچنین، شرایط اقلیمی است (آلن و همکاران، 1998). طول این دوره برای آفتابگردان حدود 45 روز می‌باشد (آلن و همکاران، 1998). در آفتابگردان این مرحله شامل گل دادن و رسیدگی می‌باشد.



شکل 15- مرحله پایانی رشد

### مرحله پایانی رشد

مرحله پایانی از شروع رسیدن محصول (انتهای مرحله میانی) تا برداشت آن یا پلاسیدگی کامل گیاه ادامه دارد. محاسبه ضریب گیاهی و تبخیر- تعرق گیاه در پایان دوره رشد یعنی تا زمان برداشت، خشک شدن طبیعی و پلاسیدگی کامل گیاه یا ریزش برگ‌ها خاتمه می‌یابد. برای برخی گیاهان چند ساله در اقلیم بدون یخبندان، رشد گیاه ممکن است در سراسر سال ادامه یابد به نحوی که انتهای مرحله پایانی رشد، مصادف با تاریخ کشت گیاه در سال آتی گردد. ضریب گیاهی در انتهای مرحله پایانی (Kc end)، تأثیر عملیات مدیریت آب و گیاه را منعکس می‌کند. چنانچه آبیاری گیاه تا زمان برداشت محصول تر (برای تازه خوری) ادامه یابد، مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی بالا و چنانچه، گیاه قبل از برداشت محصول

پلاسیده و خشک شود، مقدار این ضریب پایین می باشد. طول این دوره برای آفتابگردان حدود 25 روز می باشد (آلن و همکاران، 1998).



شکل 16- مرحله رسیدگی کامل

### توصیه در شرایط کم آبیاری

کم آبیاری به مجموعه روش هایی گفته می شود که در آن، گیاه کمتر از نیاز کامل خود آب دریافت می کند. در کم آبیاری فرض بر این است که درصد کاهش عملکرد محصول، به اندازه درصد کاهش میزان مصرف آب آبیاری نیست. مثلاً چنان که سی درصد از آب آبیاری را صرفه جویی کنیم و در محل دیگری به مصرف برسانیم، تنها ده درصد از میزان عملکرد محصول کاسته شود. کم آبیاری به صورت های مختلف از جمله کاهش میزان مصرف آب در برخی مراحل و یا حذف آبیاری در برخی مراحل و یا آبیاری قسمتی از ریشه ویا ... می تواند انجام گیرد.

مطابق نتایج حاصله از تحقیقات انجام شده در کشور، حذف مرحله خوشه رفتن و مخصوصاً گل دادن، اثر بسیار زیادی در کاهش عملکرد دانه و درصد پروتئین و کارایی مصرف آب دارد تا جایی که آب فراوان داده شده در مرحله دانه بستن، کاهش مزبور را جبران نکرده و برعکس حداقل عملکرد نیز حاصل می‌شود.

### نقش برنامه‌ریزی آبیاری در ارتقاء کارایی مصرف آب

یکی دیگر از شاخص‌های مصرف منابع آب، شاخص بهره‌وری آب است که نشان می‌دهد به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی، چه مقدار آب مصرف شده است. برای محاسبه آب شاخص، تولید ناخالص هر بخش بر مقدار آب مصرف شده در بخش مزبور تقسیم می‌شود و عدد حاصل به عنوان شاخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار این شاخص به تبعیت شرایط و ساختار اقتصادی کشورها متفاوت است. کارایی مصرف آب از دیدگاه زراعی: کارایی مصرف آب، معادل مقدار ماده خشکی است که توسط گیاه به ازاء هر مترمکعب آب حاصل می‌گردد. مقدار ماده خشک تولید شده به ازاء هر مترمکعب آب مصرفی در کشور، برابر با متوسط کارایی مصرف آب محصولات زراعی به میزان 800 گرم می‌باشد. محصولاتی مانند ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، سیب زمینی، پیاز، کارایی مصرف آب بالاتری دارند. برای افزایش کارایی مصرف آب آبیاری راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

الف- بهینه‌سازی روش‌های آبیاری و افزایش کارایی مصرف آب در اراضی زراعی

ب- اصلاح ساختار آبیاری سنتی در مزارع

ج - کاهش تبخیر از سطح مزرعه

د- استفاده از روش‌های مناسب مدیریت آبیاری به منظور کاهش تلفات آب

ه - انجام کم آبیاری به منظور افزایش کارایی مصرف آب



شکل 17- آبیاری

### ملاحظات برنامه ریزی آبیاری

**الف:** درمورد روش آبیاری در مناطق مختلف به طور معمول از روش آبیاری کرتی (سطحی) و شیاری برای آفتابگردان استفاده می‌شود. در این روش سطح مزرعه را بر اساس شکل کلی و شیب و آب موجود به تعدادی کرت با ابعاد مختلف تقسیم و آب را تا ارتفاع معین و یا مدت زمان مورد نظر درون کرت‌ها هدایت می‌کنند. تسطیح موضعی هر کرت، راندمان توزیع آب را افزایش می‌دهد. آبیاری کرتی در مزارع با شکل نامنظم و مساحت کم، روش مناسبی به شمار می‌رود. در روش کرتی اندازه‌گیری آب آبیاری مشکل می‌باشد و برای آبیاری به آب نسبتاً زیادی نیاز است. در صورتی که بتوان با مدیریت مناسب از روش آبیاری کرتی استفاده نمود، راندمان آبیاری تا حدود 70 درصد قابل افزایش است. در صورت استفاده از آبیاری تحت فشار راندمان آبیاری بالاتر خواهد بود.



ب: در مورد آبیاری تکمیلی، در زراعت دیم چون آبیاری صورت نمی‌گیرد مقدار بارندگی اولین عامل مهم موفقیت در این زراعت می‌باشد. با توجه به سطح وسیع دیمکاری در ایران و این که عملکرد این اراضی عمدتاً کم می‌باشد لذا آبیاری تکمیلی به منظور افزایش عملکرد دیمزارها حائز اهمیت می‌باشد. منظور از آبیاری تکمیلی اختصاص دادن یک یا دو نوبت آبیاری در زراعت است. در حقیقت آبیاری تکمیلی نوعی کم آبیاری با هدف استفاده از حداکثر راندمان مصرف آب است. چون آفتابگردان یکی از مهم‌ترین گیاهان استراتژیک کشور بوده و در سطح وسیعی بصورت دیم کشت می‌شود، لذا با پرداختن به آبیاری تکمیلی می‌توان نقش بسزایی را در افزایش تولید این محصول ایفا نمود. نظر به این که توزیع بارندگی و هماهنگی آن با دوره رشد خصوصاً دوران بحرانی رشد اغلب نامناسب می‌باشد لذا می‌توان با یک یا دو بار آبیاری در مراحل یاد شده (بحرانی و حساس) میزان عملکرد را بطور قابل ملاحظه‌ای بالا برد. بطور کلی در مناطق مختلف کشور برطبق تحقیقات صورت گرفته، آبیاری تکمیلی به منظور افزایش عملکرد آفتابگردان از اهمیت خاصی برخوردار بوده لذا ضرورت انجام آبیاری تکمیلی توصیه شده است.

ج: در مورد مدیریت مصرف آب و کود، با عنایت به این که رطوبت کافی در ناحیه ریشه عامل مهمی برای استفاده کارآمد از عناصر غذایی موجود به شمار می‌آید، شرایط آبیاری اهمیت بیشتری می‌یابد. در کشاورزی فاریاب مدیریت مصرف کود بخصوص ازت به گونه‌ای اجتناب‌ناپذیر به مدیریت آبیاری وابسته است. مدیریت آب و کود باید هر دو به دقت هماهنگ گردد تا بدین وسیله اطمینان حاصل شود که عناصر غذایی از محوطه ریشه هدر نرفته و وضعیت عناصر غذایی در خاک، جذب سریع توسط ریشه‌های گیاهی را تسهیل نماید. توزیع بارندگی در طول فصل از نظر بازده بیشتر مصرف عناصر غذایی مهم‌تر از مجموع بارندگی است.

با آزمون خاک قبل از کشت از طریق نمونه برداری صحیح و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی وضعیت خاک از نظر غلظت عناصر غذایی آن و ظرفیت نگهداری

آب مشخص خواهد شد که تا چه حد شرایط خاک برای تأمین رشد بهینه گیاه و دستیابی به عملکرد مورد انتظار مهیا است و چه عناصری برای رشد کافی آفتابگردان در طول فصل زراعی مورد نیاز خواهد بود.

### پیشنهادهات

- 1- در مزارعی که مقدار آب کافی است، مقدار آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری به روش و راندمان آبیاری بستگی دارد و بطور تقریبی از 80 میلی متر در روش بارانی تا 100 میلی متر در روش کرتی تغییر می کند.
- 2- در مزارعی که آب کافی در اختیار ندارند سعی شود آفتابگردان در مراحل گل دهی و پر شدن دانه آبیاری گردد.
- 3- در صورت استفاده از سیستم بارانی در آبیاری آفتابگردان، طراحی آن توسط افراد متخصص انجام پذیرد.
- 4- در روش آبیاری کرتی و شیاری نیز لازم است طراحی و احداث کرت ها با در نظر گرفتن شکل مزرعه، شیب آن، بافت خاک و مقدار آب آبیاری صورت گیرد.
- 5- کودهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ریزمغذی بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب مصرف گردد.
- 6- در صورت استفاده از سیستم بارانی در آبیاری آفتابگردان، می توان کود اوره و کود های کم مصرف را همراه آب آبیاری مصرف کرد.
- 7- آموزش و تربیت نیروی انسانی اهمیت خاصی در افزایش بازدهی کاربرد آب می تواند داشته باشد. براساس بررسی های انجام یافته مشخص گردید که زارعین با این که بدیهیات آبیاری را به خوبی درک کرده اند، لیکن از مباحث عمق خالص آبیاری و دور آبیاری اطلاعات چندانی ندارند. لذا پیشنهاد می گردد از طریق برنامه های تلویزیونی سراسری یا شبکه های محلی استانی نسبت به آموزش زارعین در خصوص این موارد اقدامات مقتضی به عمل آید. این آموزش های رسانه ای

می‌تواند از طریق برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت در مراکز آموزش کشاورزی یا در خود روستاها تکمیل شود.

8- استفاده از ابزارآلات روش های نوین آبیاری سطحی نظیر سیفون، اسپایل و لوله‌های دریچه‌دار ثابت و یا متحرک آموزش داده شده و یارانه‌های لازم برای به کارگیری آن‌ها توسط زارعین، پرداخت شود.



شکل 18- مزرعه آفتابگردان

#### منابع مورد استفاده

- 1- آمار نامه کشاورزی. 1391. جلد اول. محصولات زراعی و باغی سال زراعی 90-1389. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، معاونت برنامه ریزی و امور اقتصاد، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
- 2- برهان، امیر. 1368. نیاز آبی گیاه و برنامه ریزی آبیاری. ترجمه نشریه 24 سازمان خواروبار کشاورزی (FAO).
- 3- فرشی، علی اصغر، محمدرضا شریعتی، رقیه جاراللهی، محمدرضا قائمی، مهدی شهبابی فر و مسعود تولایی. 1376. برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور جلد اول. نشر آموزش کشاورزی. 629 ص.

- 4- فرشی، علی اصغر، محمد رضا شریعتی، رقیه جاراللهی، محمدرضا قائمی، مهدی شهبابی فر و مسعود تولایی. 1376. برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور جلد اول. نشر آموزش کشاورزی. 629 ص.
- 5- ملکوتی، محمد جعفر و مهدی همایی. حاصلخیزی خاک های مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها). دانشگاه تربیت مدرس شماره 22، سال 1373.
- 6- وزارت کشاورزی و سازمان هواشناسی کشور. 1378 (سند ملی آب کشور). نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت، راندمان آبیاری، تهران.
- 7-Alen, G Richard and Luis S. Pereira, Drik Raes, Martin Smith. 1998. "Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements", Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, No 56.
- 8-Broner, I. 2001. Irrigation scheduling. Colorado State University Cooperative Extension. No. 4.708. Available online at: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/04708.html>. Accessed 12 November 2012.
- 9-Campbell, G.S., and M.D. Campbell. 1982. Irrigation scheduling using soil moisture measurements: Theory and practice. P. 25-42. In D. Hillel (ed.). Advances in irrigation. Vol. 1. Academic Press, New York.
- 10-Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- 11-Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- 12- Kramer, P.J. 1980. Drought, stress and the origin of adaptations. In N.C. Turner and P.J. Kramer (ed) : P.7-20.
- 13-Steduto, p. et al. 2012. Crop yield response to water. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 66. Rome, FAO.