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

راهکارهای افزایش بهره وری آب در زراعت چغندرقند

سرشناسه	: محمدیان، رحیم، ۱۳۴۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در زراعت چغندرقند/ نویسندگان رحیم محمدیان، جواد باغانی؛ تهیه شده در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.
مشخصات نشر	: کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۱۰۴ص.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۷۳۰-۲
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: چغندرقند -- ایران -- آبیاری
موضوع	: Sugar beet -- Irrigation -- Iran
موضوع	: چغندرقند -- ایران -- کاشت
موضوع	: Sugar beet -- Planting -- Iran
شناسه افزوده	: باغانی، جواد، ۱۳۳۷ -
شناسه افزوده	: مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	: SB۲۲۰
رده بندی دیویی	: ۶۳۳/۶۳۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۲۹۹۸۹۶

ISBN: 978-964-520-730-2

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۷۳۰-۲

نشر آموزش کشاورزی

عنوان: راهکارهای افزایش بهره وری آب در زراعت چغندرقند

نویسندگان: رحیم محمدیان و جواد باغانی

مدیر داخلی: شیوا پارسا نیک

ویراستار ترویجی: سعیده اجاقی

ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

صفحه آرا: سبا سادات کرمانی پوربقایی

نمونه خوان: افسانه شایسته

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۹

قیمت: رایگان

مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۸۲۳۹ به تاریخ ۹۹/۰۶/۲۹ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، طبقه ۱۲

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

فهرست

عنوان صفحه

مقدمه **۷**

معرفی چغندرقند **۸**

بهره وری آب در زراعت چغندرقند **۱۰**

زمین مناسب برای زراعت چغندرقند **۱۱**

بهبود خصوصیات فیزیکی خاک **۱۵**

روش های آماده سازی بستر کشت **۱۶**

آماده سازی بستر کاشت در دو مرحله (پاییز و بهار) ۱۷

آماده سازی کامل بستر کاشت در پاییز ۲۲

انتخاب رقم مناسب برای کشت **۲۵**

تاریخ کاشت **۲۶**

کشت بهاره چغندرقند ۲۶

کشت پاییزه چغندرقند ۳۱

آرایش کاشت **۴۰**

کنترل علف های هرز چغندرقند **۴۳**

تغذیه چغندرقند در شرایط کمبود آب **۴۴**

استفاده از مواد ضدتعرق یا ضدتنش **۴۵**

روش های آبیاری متناسب با زراعت چغندرقند **۴۶**

آبیاری شیاری (نشتی) ۴۷

آبیاری بارانی ۵۵

آبیاری قطره ای ۵۹

تأثیر روش های مختلف آبیاری بر بهره وری آب **۶۲**

کودآبیاری **۶۳**

نیاز آبی چغندرقند **۶۷**

نیاز آبیاری چغندرقند **۷۱**

واکنش خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی چغندرقند به کمبود آب ۷۲
کم آبیاری چغندرقند ۷۴
عملکرد چغندرقند در شرایط کم آبیاری ۷۵
حساسیت چغندرقند در مراحل رشد به کمبود آب ۷۷
مرحله ابتدایی رشد ۷۸
مرحله توسعه گیاهی ۷۸
مرحله اواسط فصل رشد ۸۰
مرحله نهایی رشد ۸۱
دور و زمان آبیاری ۸۲
تنظیم دور آبیاری چغندرقند بر اساس تعداد روز ۸۴
تنظیم دور آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک ۸۵
آبیاری هوشمند ۹۸
ضرورت استفاده از سیستم آبیاری هوشمند ۹۹
مزایای سیستم آبیاری هوشمند ۹۹
کارکرد سیستم آبیاری هوشمند ۱۰۰
اجزاء سیستم آبیاری هوشمند ۱۰۰
منابع ۱۰۳

مقدمه

چغندرقند به همراه نیشکر از مهم ترین منابع تأمین کننده ساکاروز هستند. درحال حاضر ۳۴ کشور فقط از چغندرقند و ۶۹ کشور نیز فقط از نیشکر شکر تولید می کنند. هفت کشور نیز به دلیل شرایط اقلیمی قادر به تولید شکر از هر دو گیاه زراعی هستند. ایران از جمله این هفت کشور است. نیاز کشور به شکر حدود ۲ میلیون هزار تن است. بر اساس آمار سال ۹۵ تا ۹۶، به طور میانگین سهم چغندرقند، نیشکر و واردات شکر در تأمین شکر مورد نیاز کشور به ترتیب حدود ۳۰، ۲۸ و ۴۲ درصد بود. حدود چهارپنجم سطح کشت چغندرقند در جهان با استفاده از بارش های آسمانی و بقیه با استفاده از آبِ آبیاری زراعت می شود. ایران جزو معدود کشورهایی است که تقریباً عمده نیاز چغندرقند در آن از طریق آب آبیاری تأمین می شود. در ایران، به دلیل پایین بودن نسبی عملکرد چغندرقند و همچنین تأمین عمده نیاز آبی آن از آب آبیاری، بهره وری آب آبیاری در مقایسه با بسیاری از کشورهای جهان، بسیار پایین است.

از طرف دیگر، خشک سالی و کم آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است. باتوجه به روند روزافزون نیاز بخش های مختلف به آب، مشکل کم آبی در سال های آینده نیز حادتر خواهد شد. مهم ترین مصرف کننده منابع آبی کشور بخش کشاورزی است؛ لذا یکی از راهکارهای مؤثر و عملی کاهش تأثیرات بحران آبی و غذایی، ضمن رعایت اصول به زراعی به منظور بهبود عملکرد، استفاده بهینه و صرفه جویی در مصرف آب و در نتیجه افزایش بهره وری آب در تولید محصولات کشاورزی است.

در این مجموعه سعی شده است مطالبی در راستای افزایش بهره وری آب آبیاری در زراعت چغندرقند به صورت ساده آورده شود. امید است این مجموعه بتواند برای دست اندرکاران امر تولید چغندرقند مفید باشد.

معرفی چغندرقند

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) گیاه زراعی دوساله است. در سال اول پس از جوانه زنی، یک دسته برگ سبز تیره، صاف و براق با رگ برگ های نمایان و دم برگ قوی تولید می کند. تولید برگ در اولین فصل رشد ادامه دارد و این در حالی است که ریشه متورم می شود و ساکاروز ذخیره می کند. محصول ریشه معمولاً قبل از یخ بندان زمستانه برداشت می شود (شکل ۱).

شکل ۱- نمای چغندرقند در پایان سال اول دوره زندگی

جهت رشد ساقه (بولتینگ) و گل دهی گیاه چغندرقند در سال دوم رشد، بهاره کردن (ورنالیزاسیون) ضروری است. این پدیده معمولاً در زمستان و در آخر سال اول کشت صورت می گیرد. پس از اینکه ساقه طویل شد، گل و سپس بذر تولید می شود (شکل ۲).

شکل ۲- چغندرقند در سال دوم رشد، پس از بهاره شدن، ساقه گل دهنده و بذر تولید می کند.

چغندرقند سازگاری وسیعی با شرایط محیطی متنوع دارد، به سرما و گرما نسبتاً مقاوم است. عوامل محیطی مانند حرارت، نور، طول روز و رطوبت خاک تا حد زیادی تعیین کننده نحوه رشد و ذخیره قند در ریشه است.

خاک های بارور، دارای زهکشی خوب، بافت متوسط و اسیدیته خنثی تا کمی قلیایی برای چغندرقند ایدئال است. عملکردش در خاک های نیمه سنگین به شرط وجود زهکشی خوب نیز مطلوب است.

مقدار آبی که توسط کشاورزان برای تولید محصولات کشاورزی و مخصوصاً چغندرقند در سطح کشور مصرف می شود، به عوامل متعددی مانند طول دوره رشد، مدیریت مزرعه، خاک، کیفیت آب، شیب زمین، ابعاد واحد آبیاری، اقلیم، سیستم آبیاری، نوع منبع آبی و... بستگی دارد. با وجودی که این گیاه زراعی برای رسیدن به حداکثر عملکرد نیاز آبی بالایی دارد، توانایی زیادی هم در تحمل کم آبی دارد. لذا در زراعت چغندرقند با اعمال کم آبیاری آگاهانه می توان به عملکرد قابل قبولی دست یافت.

بهره وری آب در زراعت چغندرقند

بهره وری آب در هر گیاهِ زراعی شاخص آن است که به ازای مصرف یک مترمکعب آب آبیاری چند کیلوگرم محصول اقتصادی به دست می آید. بالاتربودن بهره وری آب در مزرعه نشانگر مدیریت مطلوب زراعی است. به عبارت دیگر، در صورتی که بتوان در مزرعه ای، با استفاده از اصول صحیح به زراعی، عملکرد اقتصادی را بهبود داد و درعین حال مصرف آب آبیاری را نیز تا حدی که عملکرد اقتصادی را بیش از حد قابل قبول تحت تأثیر قرار ندهد، کاهش داد، می توان به بهره وری مطلوب آب آبیاری دست یافت.

در مناطق مختلف جهان درصد سطح آبیاری اراضی تحت کشت چغندرقند متفاوت است. در آمریکا، مدیترانه شرقی، خاورمیانه (مخصوصاً ایران) و شیلی ۸۰ تا ۱۰۰ درصد سطح زیر کشت چغندرقند آبیاری می شوند. در مدیترانه غربی ۲۰ تا ۸۰ درصد زراعت ها آبیاری می شوند، در حالی که در اروپای شمالی، شوروی سابق، چین و ژاپن کم تر از ۲۰ درصد آبیاری می شوند. لذا ایران جزو معدود کشورهایی است که تقریباً عمده نیاز آبی چغندرقند از طریق آبیاری تأمین می شود. در جدول ۱ میزان بهره وری آب در برخی از مناطق جهان نشان داده شده است.

جدول ۱- مقدار بهره وری مصرف آب آبیاری در برخی مناطق جهان
(Morillo-Velarde and Ober, 2006)

مکان و سال	بهره وری آب (Kg/m^3)	
	عملکرد ریشه	عملکرد قند
ایتالیا	۵/۵	۰/۸۸
انگلستان، ۱۹۹۱	-	۲/۵
فرانسه (۲۲ سال)	۱۱/۴	۱/۸۲

در ایـران نیـاز خالـص آب آبیـاری بـرای تولیـد ظرفیـت چغندرقنـد در شـهرهای مختلـف کشـور در کشـت بهاره به طـور میانگیـن حـدود ۸,۸۰۰ مترمکعـب در هکتار اسـت. از آنجایی که در شـرایط فعلی در بسـیاری از مناطق از سیسـتم آبیاری سطحی بـرای آبیاری اسـتفاده می شـود و بـا درنظرگرفتـن بازدهـی آبیاری ۵۵ درصـد، به طور متوسـط در هـر هکتار بـه ۱۶,۰۰۰ مترمکعب آب برای دسـتیابی بـه حداکثر محصول در سیسـتم آبیـاری نشـتی نیـاز اسـت. از طرف دیگر، بر اسـاس آمار موجود، متوسـط عملکرد ریشـه و شـکر چغندرقند بهـاره در ایران به ترتیب حـدود ۵۲ و ۹ تُن در هکتار اسـت (متوسـط ۱۳۹۲ تـا ۱۳۹۷). لـذا درحال حاضـر بـا توجه بـه مفروضـات موجود بـه ازای هـر مترمکعـب آب آبیـاری به ترتیـب در هـر هکتـار حـدود ۳ و ۰/۶ کیلوگـرم ریشـه و قنـد تولید می شـود.

علل پایین بودن بهره وری مصرف آب آبیاری در ایران عبارت اند از:

۱- پایین بودن نسبی عملکرد چغندرقند در ایران؛

۲- وابستگی بالای تأمین نیاز آبی زراعت بهاره چغندرقند به آب آبیاری.

بااین حـال، بـر اسـاس اهـداف کلان مـورد نظـر در برنامه هـای ارتقـای کارایـی مصـرف آب، در نظـر اسـت در سـال ۱۴۰۴ بـه عدد تولید یـک کیلوگرم شـکر به ازای هـر مترمکعـب آب آبیـاری دسـت یافت. برای دسـتیابی به اهداف برنامه ضـرورت دارد ضمـن افزایـش عملکـرد شـکر به حـدود ۱۰ تـن در هکتـار، مصـرف آب حتی المقدور بـا مدیریـت بهتـر منابع آبـی و اسـتفاده از راهکارهای کاهـش مصرف آب بـه عدد نیاز آبی واقعـی محصـول (حـدود ۱۰ هـزار مترمکعـب) نزدیک تر شـود.

زمین مناسب برای زراعت چغندرقند

پیـش از کاشـت چغندرقنـد هماننـد هـر گیـاه زراعـی دیگـر می بایـد بـا توجه به نیازهـای رشـدی آن، از مطلوب بـودن زمیـن بـرای حصـول بـه عملکـرد اقتصـادی قابل قبـول اطمینـان حاصـل کـرد. مهم ترین مـواردی کـه بـرای زمیـن مناسـب به منظـور زراعـت چغندرقنـد می بایـد در نظـر گرفـت، عبارت انـد از:

۱- در صورتی که EC (هدایت الکتریکی) خاک و آب به ترتیب بیش از ۷ و ۴/۷ دسی زیمنس بر مترمربع باشد، عملکرد چغندرقند کاهش می یابد. به منظور جلوگیری از کاهش شدید عملکرد توصیه شده است که EC های خاک و آب مزرعه نباید به ترتیب از ۹/۵ و ۵/۸ دسی زیمنس بر مترمربع بیش تر باشد.

۲- بهترین بافت خاک برای زراعت چغندرقند بافت متوسط است. در خاک های سنگین و سبک بهتر است از کودهای سبز یا دامی (در صورت استفاده از کودهای دامی باید از پوسیده بودن آن مطمئن شد) برای بهبود خصوصیات فیزیکی خاک استفاده شود.

۳- با توجه به عمق نفوذ ریشه چغندرقند، زمین انتخابی باید حداقل دارای ۶۰ سانتی متر خاک زراعی بدون محدودیت یا با محدودیت کم باشد. همچنین لایه محدودکننده نفوذ آب در عمق بیش از ۶۰ سانتی متر نیز نبایستی وجود داشته باشد. در صورت وجود لایه محدودکننده می توان از زیرشکن برای حذف آن استفاده کرد. شایان ذکر است در زمان استفاده از زیرشکن، خاک بایستی در منطقه کاربرد زیرشکن کاملاً خشک باشد. لذا بهترین زمان استفاه از زیرشکن در تابستان است (شکل ۳).

شکل ۳- برای ازبین بردن سخت لایه در عمق توسعه ریشه چغندرقند لازم است از زیرشکن استفاده کرد.

۴- سطح کشت چغندرقند می باید متناسب با مقدار آب قابل دسترس باشد. در ارتباط با نیاز آبی و نیاز آبیاری چغندرقند در بخش های بعدی بیش تر توضیح داده خواهد شد.

۵- در صورت اعمال روش آبیاری نشتی می باید شیب زمین با توجه به عواملی نظیر بافت خاک به میزانی باشد که مدیریت آبیاری به آسانی انجام شود و فرسایش یا ماندگاری زیاد آب صورت نگیرد. در سایر روش های آبیاری با توجه به طراحی سیستم می توان تصمیم گیری کرد.

۶- زمین انتخابی برای زراعت چغندرقند حتماً بایستی در سال قبل زیر کشت چغندرقند نبوده باشد. نوع تناوب مناسب با توجه به شرایط منطقه ای و عواملی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، آلودگی به بیماری ها و علف های هرز و مسائل اقتصادی تعیین می شود.

۷- قبل از کاشت بهتر است در صورت امکان از آلودگی زمین به نماتد و سایر بیماری ها اطلاع حاصل کرد. در شرایطی که جمعیت تخم و لارو نماتد در ۱۰۰ گرم خاک بیش از ۴۰۰ عدد باشد یا سابقه آلودگی به بیماری هایی نظیر ریزومانیا یا پوسیدگی ریشه در مزرعه وجود دارد، توصیه می شود حتماً از ارقام مقاوم استفاده شود (شکل های ۴، ۵ و ۶).

شکل ۴- علائم بیماری نماتد ریشه چغندرقند

شکل ۵- علائم بیماری ریزومانیا در چغندرقند

شکل ۶- علائم بیماری پوسیدگی در چغندرقند

بهبود خصوصیات فیزیکی خاک

خاک ها در مناطق خشک و نیمه خشک که از نظر مواد آلی فقیر و دارای سطحی سله ای هستند، لوله های مویین در آن ها به راحتی تشکیل می شوند و باعث افزایش تبخیر از سطح خاک می شوند. در این مناطق، همچنین مصرف بی رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژنه می تواند تأثیرات مخربی بر خصوصیات فیزیکی خاک نظیر ازهم پاشیدگی خاک دانه ها و کاهش نفوذپذیری آب در خاک داشته باشد. برای بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می توان ماده آلی خاک را به وسیله اجرای تناوب زراعی صحیح، مصرف کود دامی و سبز، مدیریت صحیح بقایای گیاهی و استفاده از کمپوست افزایش داد. افزایش ماده آلی خاک باعث تشکیل خاک دانه و افزایش پایداری آن و نهایتاً بهبود ساختمان فیزیکی خاک می شود. همچنین مواد آلی از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باعث کاهش مصرف آب آبیاری می شوند.

گیاهانی که در برنامه تناوب در مناطق مختلف قرار می گیرند، می توانند تحت تأثیر عوامل مختلف نظیر اقلیم، میزان آب در دسترس، قیمت محصولات و... تفاوت کنند. یکی از تناوب های مناسب شامل تناوب یونجه-گندم-چغندرقند است. درحال حاضر در بیش تر مناطق کشور تناوب گندم-چغندرقند اجرا می شود. از آنجایی که وجود بقایای گندم ممکن است در کاشت بذر یا کیفیت ریشه چغندرقند تأثیر منفی داشته باشد، متأسفانه برخی کشاورزان برای خلاص شدن از این بقایا اقدام به سوزاندن آن یا چرای آن توسط دام می کنند. سوزاندن کلش بر محیط زیست و مواد آلی خاک، به ویژه در مناطق چغندرکاری ایران که خاک آن دارای ماده آلی کمی است، بسیار مضر است. چرای دام نیز ضمن ازبین بردن بقایا می تواند در کاهش ماده آلی خاک، انتقال بیماری ها و همچنین علف های هرز نظیر سس بسیار مؤثر باشد. لذا توصیه می شود از سوزاندن و چرای

بقایا خودداری شود. برای تسریع در پوساندن بقایا و در نتیجه کاهش مزاحمت آن ها ضمن کاشت و همچنین تأثیرات مضر آن بر کیفیت چغندرقند و از طرف دیگر افزایش ماده آلی خاک، مدیریت بقایا در زراعت چغندرقند توصیه می شود. پس از برداشت گندم، کلش موجود تا حد امکان برداشت، بسته بندی و از مزرعه خارج شود. قبل از شروع عملیات آماده سازی بستر کاشت مقدار ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره به همراه ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در سطح خاک پاشیده شوند و سپس اقدام به شروع عملیات خاک ورزی شود.

از طرف دیگر، میکروارگانیسم های مفید خاک در کاهش تأثیرات تنش خشکی بر گیاهان نقش مهمی دارند و سبب سازگاری گیاهان با شرایط تنش می شوند. افزایش ماده آلی خاک می تواند باعث افزایش این میکروارگانیسم ها نیز شود. افزودن مواد آلی اصلاح کننده به خاک مناطق خشک، مقدم بر تزریق میکروارگانیسم ها به خاک است.

روش های آماده سازی بستر کشت

هدف از تهیه بستر کاشت یا عملیات خاک ورزی، تأمین شرایط مناسب برای کشت بذر، جوانه زنی، سبزشدن، استقرار مناسب گیاه، رشد مطلوب ریشه و در نتیجه عملکرد مطلوب است.

عملیات آماده سازی باید در رطوبت مناسب انجام شود. بهترین موقع برای عملیات تهیه بستر کاشت زمانی است که رطوبت خاک حدوداً به ۲۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه رسیده باشد که این حالت را اصطلاحاً گاوروبودن زمین می گوییم. این شرایط در مزرعه پس از گذشت چند روز از آبیاری یا بارندگی مؤثر اتفاق می افتد. در این شرایط در صورتی که مقداری از خاک را در مشت بگیریم، خاک حالت می گیرد؛ اما با کم ترین فشار انگشت، ذرات خاک از هم پاشیده می شوند و به هیچ وجه حالت خمیری ندارد. البته در صورتی که خاک

خیلی خشک باشد، بهتر است قبل از اجرای عملیات آماده سازی بستر کاشت اقدام به آبیاری زمین کرد و پس از رسیدن رطوبت خاک به حد گاوروشدن اقدام به انجام عملیات آماده سازی بستر کاشت کرد.

در کشت بهاره برای تسریع در زمان کشت و جلوگیری از تخریب ساختمان خاک توصیه می شود تا حد امکان عملیات با ماشین آلات سنگین در پاییز و عملیات سبک تر در بهار صورت گیرد. استفاده از ماشین های ترکیبی چندکاره نیز راهکار مناسبی برای کاهش تردد ادوات کشاورزی در مزرعه است.

در این قسمت چند روش پیشنهادی برای کشت بهاره چغندرقند توضیح داده می شود. بدیهی است انتخاب یکی از این روش ها یا هر روش دیگر توصیه شده ای بسته به عواملی نظیر نوع ادوات در دسترس، زمان کاشت، اقلیم و بافت خاک و با درنظرگرفتن اهداف اولیه می تواند در مناطق مختلف متفاوت باشد.

آماده سازی بستر کاشت در دو مرحله (پاییز و بهار)

هدف از انجام عملیات به هنگام آماده سازی بستر کاشت در دو مرحله، انجام عملیات خاک ورزی اولیه و سنگین در پاییز، قبل از شروع بارندگی های نسبتاً سنگین پاییزه و بالارفتن رطوبت خاک است. بالابودن رطوبت خاک در زمان عملیات خاک ورزی عامل محدودکننده است و بی توجهی به آن باعث فشردگی خاک و به هم زدن ساختمان خاک می شود. برای آماده سازی بستر کاشت در دو مرحله دو روش زیر پیشنهاد می شود.

روش اول

در این روش در پاییز و در رطوبت مناسب (گاورو) با استفاده از گاوآهن برگردان دار، عملیات شخم انجام می گیرد. استفاده از گاوآهن می تواند به دلایل متفاوت نظیر مدفون کردن علف های هرز، مخلوط کردن بقایای گیاهی و کود دامی با خاک،

کاهش فشردگی در لایه شخم، بهبود تهویه خاک برای فعالیت موجودات خاک زی خاک برای پوساندن و تجزیه مواد آلی خاک و ایجاد محیط مناسب برای رشد بهتر ریشه باشد.

بعد از شخم با گاوآهن برگردان دار با استفاده از دیسک، کلوخ های موجود در خاک نرم می شود و همچنین علف های هرز و بقایای گیاهی موجود در سطح خاک تا حد امکان خرد می شوند. البته باید توجه کنید دیسک زدن مکرر خصوصاً در خاک خشک باعث تخریب خاک دانه و ازهم پاشیدگی آن ها می شود.

سپس برای تسطیح زمین از لولر استفاده می شود. تسطیح زمین در زراعت چغندرقند خصوصاً در شرایط آبیاری نشتی از اهمیت زیادی برخوردار است. لولر دستگاه سنگینی است و داشتن رطوبت بالای خاک در زمان استفاده از این دستگاه می تواند اثر مخربی بر خاک دانه داشته باشد؛ لذا استفاده از این وسیله قبل از بارندگی ها ضرورت دارد.

پس از تسطیح، بر اساس آزمون خاک چنانچه نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی پیش کشت نظیر کودهای فسفردار یا پتاسیم دار باشد، بایستی به وسیله کودپاش سانتریفیوژی نسبت به پخش کود اقدام کرد. سپس با استفاده از کولتیواتور پنجه غازی نسبت به زیر خاک کردن کودهای شیمیایی اقدام کرد (شکل ۷). همچنین کولتیواتور پنجه غازی ضمن تخریب نکردن سطح تسطیح شده، سطحی نسبتاً ناهموار برای جلوگیری از فرسایش خاک طی فصل های پاییز و زمستان ایجاد می کند. زیرا تسطیح زمین با استفاده از لولر سطح خاک را کاملاً هموار می کند و به دلیل نبود پوشش گیاهی مناسب، سطح خاک را برای فرسایش آبی و بادی مستعد می کند. استفاده از کولتیواتور پنجه غازی همچنین باعث نفوذ و نگهداری بهتر رطوبت در خاک می شود.

شکل ۷- استفاده از کولتیواتور پنجه غازی در آماده سازی بستر کاشت باعث نفوذ و نگهداری رطوبت در خاک می شود.

در اولین فرصت باتوجه به شرایط آب و هوایی در هر منطقه، در اواخر زمستان یا اوایل بهار در شرایطی که رطوبت خاک در شرایط مناسبی است و شروع عملیات ثانویه باعث فشردگی خاک نمی شود، می بایستی اقدام به عملیات سبک و تکمیلی آماده سازی بستر و کاشت بذر شود.

در صورتی که به هر دلیلی عملیات کوددهی در پاییز انجام نشده است، می توان در این مرحله اقدام به کودپاشی کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک با استفاده از دستگاه کودپاش کرد. سپس به منظور مخلوط کردن کودهای شیمیایی با خاک و همچنین ازبین بردن کلوخ های باقی مانده در خاک در این مرحله می توان از ادواتی نظیر دیسک استفاده کرد. استفاده از این گونه ادوات می تواند در کنترل و حذف علف های هرز سبزشده قبل از کاشت نیز مؤثر باشد.

قبل از کاشت استفاده از دستگاه پشته ساز با هدف ایجاد ردیف های کاشت توصیه می شود (شکل ۸). این وسیله ضمن ایجاد بستری هموار برای کاشت، به دلیل فشرده کردن سطح خاک باعث اتصال بهتر بذر با خاک خواهد شد. بعد از ایجاد ردیف های کشت، اقدام به کاشت می شود.

شکل ۸- ایجاد ردیف های کاشت با دستگاه بسترساز برای زراعت چغندرقند در شکل دهی بستر کاشت و ایجاد شرایط مناسب به منظور کاشت بذر و جوانه زنی آن مؤثر است.

روش دوم

در این روش در پاییز تنها با استفاده از گاوآهن برگردان دار عملیات شخم انجام می گیرد. اهداف استفاده از گاوآهن در این روش مشابه روش اول است.

سپس در اولین فرصت در اواخر زمستان یا اوایل بهار با توجه به شرایط آب و هوایی در هر منطقه، با درنظرگرفتن وضعیت رطوبت خاک اقدام به عملیات آماده سازی و کشت می شود. برای این منظور در ابتدا بر اساس آزمون خاک و در صورت نیاز به کودهای پیش کشت فسفردار و پتاسیم دار، اقدام به کودپاشی می کنند و سپس با استفاده از خاک ورز مرکب (کمبینانت) اقدام به عملیات آماده سازی ثانویه می شود.

خاک ورزهای مرکب ترکیبی از چند ادوات کشاورزی هستند که عملیات خاک ورزی و تسطیح را به طور هم زمان و با کم ترین تردد تراکتور در مزرعه انجام می دهند. برخی از این دستگاه ها شامل کولتیواتور پنجه غازی، دیسک کنگره دار و ماله هستند (شکل ۹). هدف از استفاده از این دستگاه نیز مواردی

نظیر مخلوط کردن کود با خاک، خردکردن کلوخه ها، افزایش نفوذپذیری خاک و تا حدی تسطیح بستر کاشت است.

بعد از استفاده از خاک ورز مرکب با دستگاه بسترساز، ردیف های کشت ایجاد می شوند و سپس اقدام به کشت می شود (شکل ۱۰).

شکل ۹- استفاده از دستگاه خاک ورز مرکب برای آماده سازی بستر کاشت باعث کاهش تردد ماشین آلات در زمین می شود.

شکل ۱۰- استفاده از دستگاه بسترساز برای ایجاد ردیف های کاشت

مهم ترین مزایای آماده سازی بستر کاشت در دو مرحله در هر دو روش ذکرشده شامل امکان کشت زودهنگام چغندرقند و در نتیجه بیش ترشدن طول دوره رشد و دستیابی به عملکرد ریشه بالا، استفاده بهتر از نزولات جوی در بهار پس از کشت و کاهش مصرف آب، ایجاد محیط مناسب برای رشد ریشه، افزایش خصوصیات کمی و کیفی ریشه و نهایتاً افزایش عملکرد شکر سفید در واحد سطح و همچنین افزایش بهره وری آب است.

در مجموع خصوصیات فیزیکی خاک در روش دوم که تردد ماشین آلات در زمین کم تر است، مناسب تر از روش اول است. همچنین هزینه های آماده سازی و مصرف سوخت در این روش کم تر از روش اول است. اما با توجه به اینکه تسطیح زمین تنها با استفاده از ماله موجود در خاک ورز مرکب انجام می گیرد، در صورتی که زمین زیادی ناهموار باشد امکان مسطح کردن خاک به طور مناسب فراهم نیست. لذا به کارگیری روش دوم در اراضی ای که نسبتاً مسطح تر هستند یا با استفاده از آبیاری های تحت فشار آبیاری می شوند، توصیه می شوند.

آماده سازی کامل بستر کاشت در پاییز

در این روش کلیه عملیات آماده سازی بستر کاشت شامل شخم با گاوآهن، دیسک، لولر، پخش کود بر اساس نیاز و دیسک سطحی به منظور مدفون کردن کود در خاک است. در ادامه نیز اقدام به ایجاد ردیف های کاشت با پشته ساز می شود. در اواخر زمستان یا اوایل بهار با مهیاشدن رطوبت مناسب خاک (گاورو) می توان اقدام به کشت کرد.

انجام کلیه عملیات سنگین آماده سازی زمین و ایجاد پشته های کشت با بسترساز در پاییز و کشت در اولین فرصت در بهار باعث خواهد شد که گیاه علاوه بر استفاده بهینه از رطوبت ذخیره شده در خاک طی فصل زمستان،

از بارندگی های بهاره نیز استفاده کند. بنابراین آماده سازی زمین در پاییز باعث کشت به موقع، تأمین دوره رشد کافی برای گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می شود. در این روش استفاده از ادوات آماده سازی در شرایط مناسب رطوبتی معمولاً موقعیت مطلوبی برای کشت و رشد چغندرقند ایجاد می کند و ریشه های مطلوبی نیز تولید می شود.

اما در مواردی نیز مشاهده شده است که طی فصل پاییز و زمستان به دلیل بارش های متعدد، سطح خاک در روی ردیف ها تاحدی فشرده می شود و باعث ریزش بخشی از خاک روی پشته ها به کف جویچه ها می شود و عمق جوی های ایجادشده کم می شود. این موضوع می تواند در آبیاری چغندرقند ایجاد مشکل کند. لذا توصیه شده است که از بسترسازهایی با ارتفاع بلند استفاده شود تا جوی عمیق تری ایجاد شود.

در مواردی مشاهده شده است که به علت بارش های نسبتاً زیاد یا در خاک های با بافت سنگین و همچنین با ماده آلی کم، به دلیل بزرگ شدن ریشه ها و فشردگی خاک و در نتیجه نبودن شرایط مناسب رشد در داخل خاک، مقداری از ریشه از خاک بیرون می زند و این موضوع در زمان برداشت خصوصاً در روش مکانیزه ممکن است ایجاد مشکل کند (شکل ۱۱). همچنین در مواردی بدشکلی در ریشه ها مشاهده شده است. به عبارت دیگر در این روش احتمال خطر فشردگی خاک بعد از آماده سازی بستر کاشت و قبل از کاشت و تبعات ناشی از آن وجود دارد.

شکل ۱۱- بیرون بودن زیاد ریشه ذخیره‌ای از سطح خاک و
همچنین غیریکنواختی آن می تواند در برداشت مکانیزه اختلال ایجاد کند.

از دیگر محدودیت های این روش، رشد علف های هرز در بهار قبل از اقدام به کشت در مزرعه است. برای حل این معضل نیز می توان از علف کش های عمومی قبل از کاشت استفاده کرد. کاربرد این روش با استفاده از سیستم های آبیاری تحت فشار می تواند مزایای این روش را بیش تر کند.

پیشنهاد می شود کشاورزان در مناطق خود در سال اول این روش را در سطح محدودی اجرا کنند تا مشکلات آن را تجربه کنند. بدیهی است در صورت فائق آمدن بر مشکلات اجرایی آن، این روش مزایای زیادی دارد و می تواند بسیاری از مشکلات مزارع چغندرقند را از نظر ناتوانایی برای کشت زودهنگام و همچنین فشردگی خاک در حین آماده سازی بستر کاشت مرتفع کند.

انتخاب رقم مناسب برای کشت

استفاده از ارقام زراعی متحمل به خشکی و با بهره وری بالای آب می تواند راه گشایی امیدبخش برای مقابله با معضلات کم آبی باشد. اما با توجه به ماهیت و پیچیدگی مکانیزم های تحمل به خشکی، پیشرفت قابل توجهی در زمینه بهبود عملکرد در محیط های متمایل به خشکی حاصل نشده است.

در ایران به نژادی برای تحمل به خشکی چغندرقند از سال ۱۳۷۰ هجری شمسی شروع شد و پس از ۲۳ سال اولین رقم مقاوم (سال ۱۳۹۳) با نام پایا معرفی شد. بر اساس نتایج آزمایش ها این رقم توانست در شرایط دور آبیاری بر اساس ۲۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A در مقایسه با ۱۱ رقم هیبرید امیدبخش منوژرم دیگر به طور میانگین حدود ۲۱ و ۱۶ درصد به ترتیب عملکرد ریشه و شکر بیش تری تولید کند.

روند تهیه ارقام متحمل به خشکی امیدوارکننده است؛ اما باتوجه به روند کند پیشرفت برنامه های اصلاحی مقاومت به خشکی توصیه می شود تا زمانی که اصلاحگران نباتات بتوانند ارقام متنوع مقاوم به خشکی را تهیه و معرفی کنند، کشاورزان از ارقام تجارتی رایج که بتوانند در شرایط کمبود آب از عملکرد قند و پایداری عملکرد بالایی برخوردار باشند، استفاده کنند. برای مثال با توجه به آزمایش های انجام شده در بین ۳۰ رقم تجاری مورد بررسی ارقام چغندرقند آنتک، بالو، بی تی اس۲۳۳، دورتی، ایزابلا، لاتیتیا، لوریکت، پالما، پرفکتا، شکوفا و توکان از بهره وری مصرف آب آبیاری و عملکرد قند بالا و در عین حال از پایداری عملکرد بیش تری در مناطق مختلف تحت شرایط کمبود آب و همچنین وجود یا نبود بیماری ریزومانیا برخوردار بودند.

تاریخ کاشت

چغندرقند در مناطق مختلف تحت کشت در جهان به دو صورت بهاره یا پاییزه کشت می شود. در مناطق معتدل سرد و در شرایط آب و هوایی مدیترانه ای به عنوان یک محصول بهاره و در عرض های جغرافیایی کم و در مناطقی با زمستان های گرم به عنوان محصولی پاییزه کشت شود. در ادامه شرایط رشدی چغندرقند در دو شرایط بهاره و پاییزه توضیح داده شده است.

کشت بهاره چغندرقند

برای افزایش بهره وری آب کشت بهاره می تواند به صورت زود هنگام و دیرهنگام کشت شود که در ذیل این دو روش توضیح داده می شود.

کشت بهاره زودهنگام

چغندرقند گیاهی است که برخلاف اکثر گیاهان زراعی بهاره برای جوانه زنی به دمای زیادی نیاز ندارد (صفر جوانه زنی معادل ۳ درجه سانتی گراد) و می توان در تاریخ های خیلی زودتر از بسیاری از این گیاهان نسبت به کشت آن اقدام کرد. از طرف دیگر، معلوم شده است که رابطه نزدیکی بین میزان نور خورشید جذب شده به وسیله چغندرقند و عملکرد شکر وجود دارد. به عبارت دیگر، در کشت بهاره هرچه تاریخ کاشت زودتر و طول دوره رشد چغندرقند بیش تر شود، عملکرد شکر بیش تر می شود و در نتیجه می تواند باعث افزایش بهره وری مصرف آب شود. با کشت زودهنگام همچنین استفاده بیش تر از بارندگی های بهاره و رطوبت ذخیره شده در خاک طی فصل پاییز و زمستان امکان پذیر می شود.

در مناطق مختلف کشور کاشت بهاره چغندرقند در اولین فرصت پس از سپری شدن سرمای زمستان - حتی در بعضی از مناطق در اواخر زمستان هنگامی که دمای خاک ۳ تا ۵ درجه سانتی گراد باشد، در محدوده اسفند تا

اوایل اردیبهشت بهترین نتایج را در بر داشته است. البته به دلیل طولانی شدن مراحل اولیه رشد چغندر در آب و هوای نسبتاً سرد در کشت های زودهنگام در مقایسه با آب و هوای گرم در کشت های دیرهنگام، آسیب پذیری گیاهچه ها در مقابل تغییرات اقلیمی نظیر کاهش شدید دما، تگرگ یا برخی از بیماری ها در کشت های زودهنگام بسیار بیش تر از کشت های دیرهنگام است. اگرچه به دلیل مزایای زیاد کشت زودهنگام می توان ریسک آن را پذیرفت.

اما کاشت زودهنگام در بیش تر سال ها امکان پذیر نیست. زیرا بارندگی های اواخر زمستان و همچنین اوایل بهار باعث افزایش رطوبت خاک و ناممکن بودن آماده سازی زودهنگام بستر کاشت می شود. همچنین در برخی مناطق به علت سرمای شدید در اوایل بهار امکان کاشت و رشد چغندرقند میسر نیست و به دلیل کوتاه شدن دوره رشد، عملکرد و در نتیجه بهره وری آب کاهش می یابد. برای غلبه بر این مشکل راهکارهای زیر پیشنهاد می شود.

استفاده از روش های مناسب آماده سازی بستر کاشت به منظور کشت زودهنگام

به توضیحات ارائه شده در قسمت روش های آماده سازی بستر کاشت مراجعه شود.

کشت انتظاری

در مناطق بسیار سرد که امکان کشت در اواخر زمستان یا اوایل بهار به دلیل رطوبت بالای خاک امکان استفاده از هیچ گونه ادواتی در مزرعه برای کاشت وجود ندارد، می توان از روش کشت انتظاری استفاده کرد. منظور از کشت انتظاریِ چغندرقند کشت در مناطق سردسیر در اواخر پاییز و در زمانی است که به دلیل سرمای طولانی بر اساس آمار هواشناسی، امکان جوانه زنی چغندرقند میسر نیست. بذور در اولین فرصت در اواخر زمستان جوانه می زنند و سبز می شوند. به این ترتیب قبل از استقرار گیاهان کاشته شده در بهار، این گیاهان

مستقر شده‌اند. نتایج آزمایش ها نشان داده است که کشت انتظار چغندرقند در مقایسه با کشت های زود (کشت از نیمه دوم اسفند تا اواخر فروردین) دارای عملکرد قند خالص بیش تری است. با استفاده از این روش بهتر می توان از رطوبت ذخیره شده در خاک در طی فصل پاییز و زمستان و همچنین بارندگی بهاره استفاده کرد. لذا عملاً با این روش تا مدت ها نیازی به آبیاری زراعت نیست. البته طول مدت بی نیازی به آبیاری در مناطق مختلف می تواند تحت تأثیر عواملی نظیر بافت و ماده آلی خاک، میزان ذخایر رطوبتی خاک، مقدار بارندگی و درجه حرارت تغییر کند.

محدودیت های عمده کشت انتظاری عبارت اند از:

۱- کم بودن عملکرد کمی و کیفی. پس از کاشت ممکن است گرم شدن هوا به همراه رطوبت موجود در خاک باعث سبزشدن بذور شود. در این شرایط کاهش دما باعث سرمازدگی یا حتی یخ زدگی گیاهچه ها می شود که در مجموع باعث کاهش تراکم بوته می شوند. پایین بودن تراکم بوته در این شرایط باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی ریشه می شود. شایان ذکر است پایین بودن کیفیت ریشه در این روش همان گونه که در قسمت آماده سازی کامل بستر کاشت در پاییز توضیح داده شد می تواند به علت احتمال خطر فشردگی خاک توسط بارش های شدید در فصل پاییز و زمستان و تبعات ناشی از آن نیز باشد. در ارتباط با کاهش احتمال تعداد بوته در کشت انتظاری توصیه می شود که اولاً تاریخ کشت بر اساس آمار بلندمدت به گونه ای انتخاب شود که احتمال افزایش دما و جوانه زنی بذور تا قبل از پایان دوره سرما کم باشد و ثانیاً مقدار مصرف بذر برای کاشت نسبت به روش های مرسوم افزایش یابد. با توجه به احتمال خطر فشردگی خاک و کاهش کیفیت ریشه ها نیز توصیه شده است که برای ترویج این روش در مناطق سرد و نسبتاً سرد بهتر است در ابتدا سطح محدودی را

بـرای این سیسـتم کشـت در مزرعـه اختصاص داد و وضعیت فشـردگی خاک و شـدت تأثیـرات آن بـر کیفیـت ریشـه ها را در هـر مزرعـه و منطقه بـرای توسـعه آن بیش تر بررسـی کرد.

۲- سـاقه روی. به دلیل شـرایط سـرد هوا ممکن اسـت در همان سـال اول رشـد سـاقه گل دهنـده مشـاهده شـود. لـذا حتمـاً بایـد از ارقـام مقـاوم بـه بولت بـرای این روش کشـت اسـتفاده کرد.

کشت نشایی

در مناطـق سردسـیر ـ کـه سـرما عامـل محدودکننـده جوانه زنـی و اسـتقرار گیاه محسـوب می شـود و دوره رشـد چغندرقند محدود اسـت ـ کشـت نشـایی چغندرقند می توانـد روش مناسـبی بـرای برطرف کـردن مشـکل محدودیت طـول دوره رشـد و افزایـش عملکـرد در ایـن مناطـق و در نتیجه افزایـش بهره وری آب باشـد.

در روش کشـت نشـایی می تـوان قبل از مساعدشـدن شـرایط محیط برای کشـت مسـتقیم بـذر در زمیـن اصلـی، بـذر چغندرقنـد را در محیـط کنترل شـده (گلخانه یا خزانـه) و در گلدان های کاغذی کشـت کـرد. در داخل گلخانه با کنتـرل دما، رطوبت و دیگـر عوامـل مؤثـر بر جوانه زنـی بذر و رشـد گیاهچه های تازه رسـته، به مـدت حدود ۴۵ روز (در کشـت گلدانـی) و حـدود ۵۵ تـا ۶۰ روز (در روش ریشـه لخت) محیـط مناسـبی فراهـم می شـود و گیاهچه هـای نورُسـته تـا مرحله چهـار تا شـش برگی در ایـن محیـط بـه رشـد خـود ادامـه می دهنـد. سـپس بـا مساعدشـدن شـرایط مزرعه، نشـاهای تهیه شـده بـا فاصله بوتـه مناسـب و نهایی به زمیـن اصلی منتقل می شـوند.

کشت بهاره دیرهنگام (یا کشت تابستانه)

اسـتفاده از روش کشـت بهاره دیرهنگام یا کشـت تابسـتانه ممکن است به دلایل زیـر قابل توصیه یـا حتی اجتناب ناپذیر باشـد:

۱- کاهش طول دوره رشد چغندرقند. طولانی بودن دوره رشد چغندرقند از عوامل مصرف آب زیاد دوره رشد است. لذا کاهش طول دوره رشد عملاً می تواند باعث کاهش مصرف آب شود.

۲- محدودیت منابع آب. کشاورز ممکن است مجبور باشد به دلیل محدودیت منابع آب و استفاده بهینه از منابع موجود (آب و زمین) زراعت چغندرقند را بعد از آبگیری از غلات انجام دهد. در این شرایط بهره وری کشاورز از منابع موجود افزایش می یابد؛ زیرا عملاً می تواند در یک سال زراعی موفق به تولید دو محصول شود.

در کشت تأخیری زراعت چغندرقند تا حدود ۳۰ درصد مصرف آب کاهش می یابد. اما عملکرد قند نیز به میزان چشمگیری کاهش می یابد. بااین حال، با برخی روش های به زراعی تا حدی می توان به بهره وری آب حاصل در کشت های بهنگام چغندرقند دست یافت. تأخیر در برداشت در این شرایط می تواند از طریق افزایش دوره رشد و در نتیجه افزایش عملکرد و مصرف کم تر آب (به دلیل کم بودن میزان تبخیر و تعرق در پاییز)، بهره وری مصرف آب را نسبت به زمان برداشت های معمول افزایش دهد. همچنین در صورتی که بتوان در مزرعه در شرایط کشت دیرهنگام به تراکم بوته نهایی ۱۲۰ تا ۱۶۰ هزار بوته در هکتار دست یافت، تا حدی می توان به بهره وری مصرف آب در شرایط کشت بهنگام نزدیک شد. این شرایط در روش آبیاری نواری قطره ای و مناسب بودن درجه حرارت در زمان جوانه بذور در کشت دیرهنگام با استفاده از یکی از دو آرایش کاشت ۵۰-۲۵ یا ۶۰-۴۰ و مقدار بذر حدود ۲/۴ تا ۳/۱ یونیت در هکتار (با توجه به سطح رعایت نکات به زراعی) قابل حصول است. البته از آنجایی که افزایش درجه حرارت در زمان جوانه بذور در اوایل تابستان و کشت دیرهنگام محتمل است و این امر می تواند درصد استقرار و تراکم بوته نهایی را کاهش دهد، در این شرایط استفاده از آرایش کشت ۵۰-۲۵ به دلیل نزدیک بودن نوارهای تیپ به بذور و آبیاری بهتر آن ها و در نتیجه سبز بیش تر بوته و در نهایت عملکرد قند و بهره وری آبِ مطلوب تر

مناسب تر است. همچنین در این شرایط کاهش فاصله بوته در ردیف (حدود ۱۷ سانتی متر) توصیه می شود.

همچنین تحقیقات نشان داده است که عکس العمل ژنوتیپ های چغندرقند می تواند به کاهش عملکرد در کشت دیرهنگام در مقایسه با کشت بهنگام متفاوت باشد. لذا می توان از ارقامی که دوره رشد کوتاه تری دارند، برای کشت دیرهنگام استفاده کرد.

راهکار دیگر برای کشت دیرهنگام، کشت نشایی چغندرقند است. گزارش شده است که با استفاده از این روش عملکرد شکر ۱۰/۱۱ تن در هکتار است، در حالی که در روش کشت مستقیم (کشت بعد از آبگیری از غلات) حدود ۵/۶۶ تن در هکتار است.

در شرایطی که گلدان برای تهیه نشا وجود ندارد می توان از نشا بدون گلدان نیز در همین راستا استفاده کرد. در این روش نیز نشا ها در مساحت محدودی در گلخانه یا در قسمتی از مزرعه به صورت متراکم در اوایل بهار کشت می شوند و سپس بعد از حدود ۶۰ روز به زمین اصلی منتقل می شود. در ارتباط با مقایسه دو روش کشت نشایی با گلدان و بدون گلدان گزارش شده است که استفاده از کشت نشا بدون گلدان و با گلدان در شرایط کشت بعد از برداشت جو (اواخر خرداد) عملکرد ریشه و قند تفاوت معناداری با کشت بهنگام (اردیبهشت) نداشت. اگرچه در شرایط بعد از برداشت گندم (تیرماه) این اختلافات معنادار بود و استفاده از کشت نشا هم نتوانست این اختلاف عملکردی را جبران کند.

کشت پاییزه چغندرقند

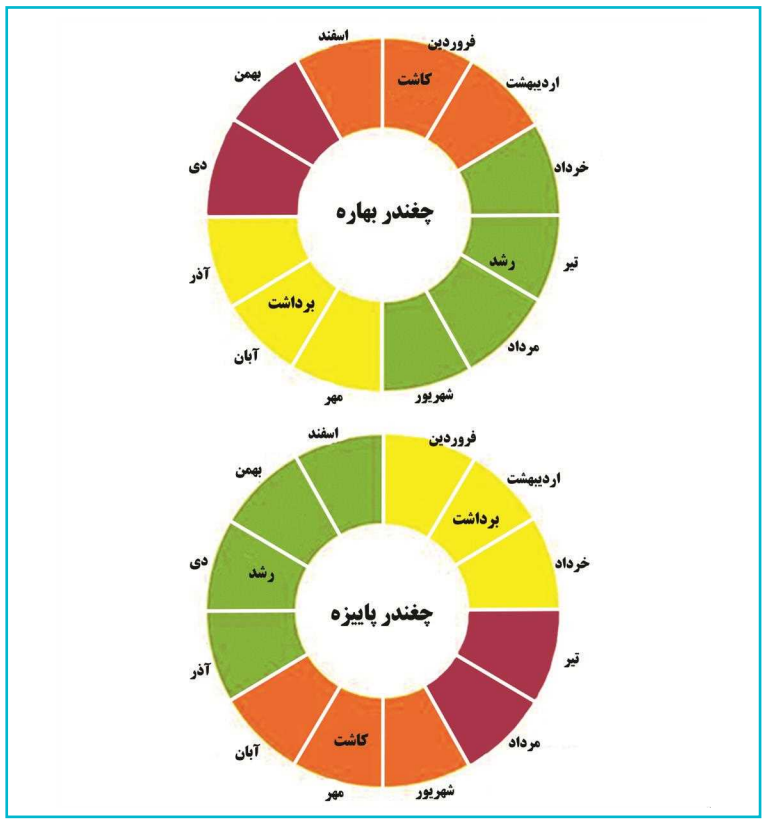
در مناطق خشک و نیمه خشک بارش ها عمدتاً در فصول پاییز، زمستان و تا حدی بهار انجام می شود. در صورتی که بتوان با تغییر تاریخ کاشت از نزولات جوی استفاده بیش تری طی فصل رشد داشت، می توان ضمن صرفه جویی

در مصرف آب، بهره وری مصرف آب آبیاری را افزایش داد. در کشت بهاره، تاریخ کاشت در مناطق مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی می تواند از اواخر اسفند تا اواخر اردیبهشت باشد و زمان برداشت نیز عمدتاً اوایل پاییز است. لذا عمدتاً دوره رشد در فصل تابستان است که نزولات جوی بسیار ناچیز است. در حالی که در کشت پاییزه بسته به منطقه و شرایط آب و هوایی تاریخ کاشت از اواخر شهریور شروع می شود و تا اواسط آبان ادامه دارد و برداشت آن نیز بسته به دو عامل ذکرشده از اواسط فروردین تا اوایل مرداد است. بنابراین عمده دوره رشد چغندرقند پاییزه در پاییز، زمستان و بهار است که حداکثر میزان بارش وجود دارد (شکل ۱۲).

به دلیل هم زمانی عمده فصل رشد با نزولات جوی در کشت پاییزه در مقایسه با کشت بهاره، مصرف آب آبیاری در کشت های پاییزه بسیار کم تر از کشت های بهاره است و کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره آن از نظر مدیریت آب از مزیت بسیار بیش تری برخوردار است. در بیش تر کشورهای تولیدکننده چغندرقند، کاشت تنها به صورت بهاره امکان پذیر است. ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی جزو معدود کشورهایی است که امکان زراعت چغندرقند در بهار و پاییز را دارد. با توجه به جدول ۲ نیاز آبی چغندرقند بر اساس سند ملی آب کشور در مناطق کشت در استان خوزستان حدود ۴,۰۰۰ مترمکعب در هکتار و در مناطق دارای کشت بهاره حدود ۹,۰۰۰ مترمکعب در هکتار است. به عبارت دیگر در کشت پاییزه چغندرقند حدود ۵۵ درصد نیاز آبی کاهش می یابد.

کشت چغندرقند در سال های گذشته به غیر از استان خوزستان در سایر مناطق به صورت بهاره انجام می گرفت. با توجه به گرم شدن تدریجی کره زمین و تحقیقات مختلف، معلوم شد که علاوه بر خوزستان امکان کشت پاییزه در برخی از مناطق گرمسیری دیگر نیز وجود دارد. مهم ترین عامل محدودکننده کشت پاییزه، استفاده از ارقامی با مقاومت بالا به بولت است. در جدول ۲ برخی از

مناطقی که امکان کشت پاییزه چغندرقند در آن مناطق بررسی شده است، به همراه تاریخ کاشت و برداشت آن و همچنین ارقام توصیه شده در هر منطقه نشان داده شده است.



شکل ۱۲- مقایسه دوره رشد چغندرقند در کشت چغندرقند بهاره و پاییزه

جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندرقند پاییزه در مناطق مختلف کشور به همراه رقم های توصیه شده برای هر منطقه*

استان	منطقه	محدوده تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	محدوده تاریخ برداشت	رقم های مناسب
ایلام	دهلران	دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه دوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	شریف، اسپارتاک، آزابا، آنتک، پالما، پرشیا، جاکا، چیمنه، رستا، رسول، سزیرا، سوپرما، سیلوتا، شوش، گیادا، لوانته، لوسرا، لیستا، مراک، مونوتونا، ویکو، روزا گلد، روزا استار، روزا فلور، اورکا، نکسوس
	دره شهر	دهه دوم مهر تا دهه اول آبان	دهه سوم مهر	دهه دوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	آزابا، جاکا، چیمنه، سوپرما، سیلوتا، گیادا، مراک، مونوتونا، ویکو، روزا گلد

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندرقند پاییزه در مناطق مختلف کشور به‌همراه رقم های توصیه شده برای هر منطقه*

استان	منطقه	محدوده تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	محدوده تاریخ برداشت	رقم های مناسب
خوزستان	کلیه مناطق	دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	شریف، اسپارتاک، آزابا، آنتک، پالما، پرشیا، جاکا، چیمنه، رستا، رسول، سزیرا، سوپرما، سیلوتا، شوش، گیادا، لوانته، لوسرا، لیستا، مراک، مونوتونا، ویکو، روزا گلد، روزا استار، روزا فلور، اورکا، کرست، هولیا، نکسوس، شانون، گراناته، سمپر، رجا، کادیلاک، مونودورو، راتنا کا و اس، دنا کا و اس، آکازیا کا و اس، روزاناب، کالاس، پورتال، آلگار، سنتینل
کرمانشاه	گیلان‌غرب، سر پل‌ذهاب	دهه دوم مهر تا اول آبان	دهه سوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه اول خرداد	سوپرما، سیلوتا، آزابا، جاکا، گیادا، روزا گلد، چیمنه، ویکو، مراک، جرا کا و اس
	قصرشیرین	دهه اول مهر تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه اول خرداد	سوپرما، سیلوتا، آزابا، جاکا، گیادا، روزا گلد، چیمنه، ویکو، مراک، جرا کا و اس

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندرقند پاییزه در مناطق مختلف کشور به‌همراه رقم‌های توصیه شده برای هر منطقه*

استان	منطقه	محدوده تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	محدوده تاریخ برداشت	رقم‌های مناسب
خراسان جنوبی	نهبندان، فردوس	دهه دوم مهر تا دهه اول آبان	دهه سوم مهر	دهه دوم خرداد تا دهه سوم خرداد	گیادا، مونوتونا، جاکا، لوانته، ویکو، آزابا، چیمنه، سوپریما، مونودورو، یودورو، روزا گلد، جرا کا و اس
	سربیشه	دهه سوم شهریور تا دهه دوم مهر	دهه اول مهر	دهه دوم خرداد تا دهه سوم خرداد	گیادا، مونوتونا، جاکا، لوانته، ویکو، آزابا، چیمنه، سوپریما، مونودورو، یودورو، روزا گلد، جرا کا و اس
	طبس	دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه دوم خرداد تا دهه سوم خرداد	گیادا، مونوتونا، جاکا، لوانته، ویکو، آزابا، چیمنه، سوپریما، مونودورو، یودورو، مراک، روزا گلد، جرا کا و اس
خراسان رضوی	گناباد، فیض‌آباد، کاشمر، رشتخوار، خواف، سرخس	دهه اول مهر تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، لوانته، یودورو، روزا گلد، جاکا، مونوتونا، چیمنه، جرا کا و اس
	تربت‌جام، بردسکن، تایباد	دهه سوم شهریور تا دهه دوم مهر	دهه اول مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، لوانته، یودورو، روزا گلد، جاکا، مونوتونا، چیمنه، جرا کا و اس

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندرقند پاییزه در مناطق مختلف کشور به‌همراه رقم های توصیه شده برای هر منطقه*

استان	منطقه	محدوده تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	محدوده تاریخ برداشت	رقم‌های مناسب
خراسان شمالی	مانه و سملقان	دهه سوم شهریور تا دهه دوم	دهه اول مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، لوانته، یودورو، روزا گلد، مراک، جاکا، مونوتونا، چیمنه، جرا کا و اس
اصفهان	اردستان، کاشان، آران‌وبیدگل	دهه اول مهر تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، مونوتونا، جاکا، لوانته، ویکو، آزابا، چیمنه، سوپریما، مونودورو، یودورو، مراک، روزا گلد، جرا کا و اس
فارس	فسا، جهرم	دهه دوم مهر تا دهه اول آبان	دهه سوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	لوانته، پوسودا، گیادا، رستا،ویکو، یودورو، سوپرما، جواهر، روزا گلد، روزا استار، روزافلور، اورکا، جرا کا و اس
	داراب	دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	لوانته، پوسودا، گیادا، رستا،ویکو، یودورو، سوپرما، جواهر ، روزا گلد، روزا استار، روزافلور، اورکا، جرا کا و اس، پالما، آنتک، مراک، رزاناب، چمینه، جاکا

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندرقند پاییزه در مناطق مختلف کشور به‌همراه رقم‌های توصیه شده برای هر منطقه*

استان	منطقه	محدوده تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	محدوده تاریخ برداشت	رقم‌های مناسب
لرستان	کوهدشت	دهه سوم شهریور تا دهه دوم مهر	دهه اول مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، آزابا، چیمنه روزا گلد، مونوتونا، جرا کا و اس
	پل‌دختر، رومیشگان	دهه اول مهر تا دهه اول آبان	دهه دوم مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، آزابا، چیمنه روزا گلد، مونوتونا، جرا کا و اس
گلستان	گنبد، گرگان، آق‌قلا، مراوه‌تپه، کلاله، اینچه‌برون، داشلی‌برون، علی‌آباد	دهه دوم مهر تا دهه اول آبان	دهه سوم مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، یودورو، روزا گلد، جاکا، مونوتونا، چیمنه، جرا کا و اس، آزابا، رزاناب
اردبیل	مغان	دهه سوم مهر تا دهه دوم آبان	دهه اول آبان	دهه سوم خرداد تا دهه دوم تیر	جرا کا و اس، موناتونا

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندرقند پاییزه در مناطق مختلف کشور به همراه رقم های توصیه شده برای هر منطقه*

استان	منطقه	محدوده تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	محدوده تاریخ برداشت	رقم های مناسب
کهکیلویه و بویر احمد	گچساران، جعفرآباد	دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	شریف، اسپارتاک، آزابا، آنتک، پالما، پرشیا، جاکا، چیمنه، رستا، رسول، سزیرا، سوپرما، سیلوتا، شوش، گیادا، لوانته، لوسرا، لیستا، مراک، مونوتونا، ویکو، روزا گلد، روزا استار، روزا فلور، اورکا، کرست، هولیا، نکسوس، شانون، گراناته، سمپر، رجا، کادیلاک، مونودورو، راتنا کا و اس، دنا کا و اس، آکازیا کا و اس

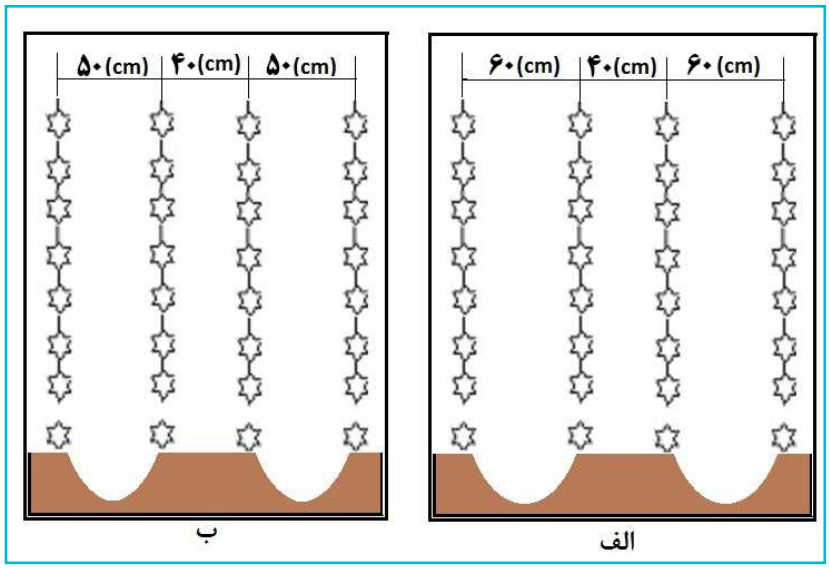
* در سایر مناطق در صورت تشابه اقلیمی می توان بر اساس این دستورالعمل رفتار کرد.

آرایش کاشت

از آنجایی که در بیش تر سطوح زراعت چغندرقند در کشور از روش آبیاری شیاری (نشتی) برای تأمین آب مورد نیاز گیاه استفاده می شود، بهینه سازی این روش در راستای کاهش مصرف آب و در عین حال افزایش بازدهی مصرف آب ضروری به نظر می رسد. درحال حاضر در بیش تر مناطق فواصل ردیف کاشت چغندرقند ۵۰ و در مواردی ۶۰ سانتی متر است و گیاه از دو طرف به طور هم زمان آبیاری می شود. برای کاهش مصرف آب و در نتیجه افزایش کارایی مصرف آب می توان از آرایش کاشت با دو ردیف کشت بر روی پشته با فواصل ردیف های ۵۰-۴۰ یا ۶۰-۴۰ استفاده کرد (شکل ۱۳). با توجه به آنکه در این دو آرایش کاشت، گیاهان کاشته شده فقط از یک طرف از آب استفاده می کنند، بهره وری مصرف آب در این روش به طور چشمگیری افزایش می یابد. به طور مثال، نتایج آزمایش ها نشان داده است که با استفاده از آرایش کاشت ۵۰_۴۰ بدون آنکه تغییر معناداری در عملکرد ایجاد شود، می توان حداقل حدود ۲۰ درصد در مقدار آب مصرفی صرفه جویی کرد. همچنین در این آرایش کاشت تراکم بوته و یکنواختی رشد ریشه ها نیز نسبت به آرایش های کشت معمول بیش تر می شود. البته از آنجایی که بافت خاک در نگهداری آب در خاک دارای اهمیت زیادی است، توصیه شده است که ترویج این آرایش کاشت در خاک هایی با بافت های لومی و رسی انجام شود که قابلیت نگهداری رطوبت بیش تری دارند.

در صورتی که امکان ایجاد این آرایش کاشت وجود نداشته باشد یا کم آبی زمانی حادث شود که کشاورزان کشت خود را به روش معمول انجام داده باشند، استفاده از آرایش کاشت فواصل خطوط ۵۰ سانتی متر و آبیاری یک درمیان

جویچه ها نیز باعث صرفه جویی قابل ملاحظه در مصرف آب می شود (شکل ۱۴). در این حالت، در هر نوبت آبیاری از نیمی از جویچه های تعبیه شده در مزرعه استفاده می شود. در واقع، استفاده از این روش می تواند موجب شود تا بوته ها در هر نوبت آبیاری فقط از یک طرف آب دریافت کنند. این در حالی است که در روش معمول، از تمام جویچه ها برای آبیاری استفاده می شود. در این حالت نیز عملکرد محصول کاهش معناداری نخواهد داشت، ولی مصرف آب حدود ۱۶ درصد کاهش می یابد و در نتیجه بهره وری آب مصرفی بیش تر می شود.

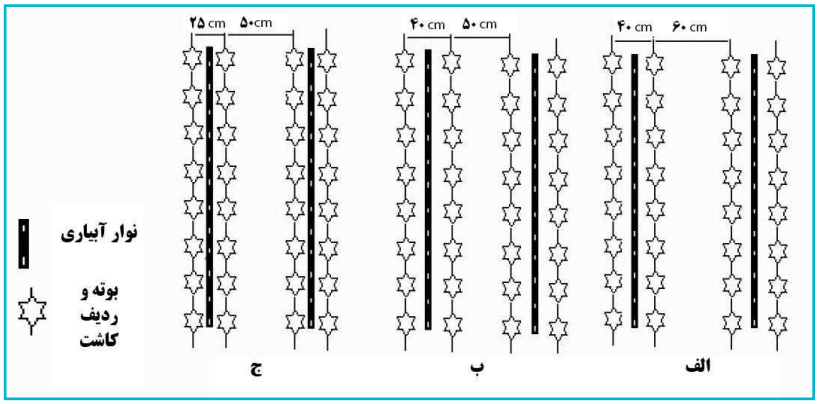


شکل ۱۳- (الف) آرایش کاشت با فواصل خطوط ۶۰-۴۰ سانتی متر با دو ردیف کشت بر روی پشته و (ب) آرایش کاشت با فاصله خطوط ۵۰-۴۰ سانتی متر با دو ردیف کاشت بر روی یک پشته

شکل ۱۴- آرایش کاشت ۵۰ سانتی متر با آبیاری یک در میان

توصیه می شود در روش آبیاری نواری قطره ای (تیپ) نیز از یکی از روش های آرایش کاشت ۶۰-۴۰، ۵۰-۴۰ و ۵۰-۲۵ سانتی متر بین ردیف ها و فاصله بوته ۱۴ تا ۲۰ سانتی متر روی ردیف ها و استفاده از نوارهای آبیاری به طور یک درمیان در بین خطوطی با عرض کم استفاده شود (شکل ۱۵). در هر سه آرایش کاشت ذکرشده به دلیل نزدیک ترشدن فاصله نوارهای آبیاری به بوته ها مصرف آب کاهش می یابد. همچنین در آرایش کاشت ۵۰-۴۰ و خصوصاً ۵۰-۲۵ تراکم بوته در مقایسه با آرایش کاشت مرسوم افزایش می یابد. این امر خصوصاً در شرایطی که بنا به دلایلی (نظیر مناسب نبودن بستر کاشت یا امکان ایجاد سله به دلیل بارندگی پس از کاشت) امکان سبزشدن بذور و در نتیجه ریسک کاهش تراکم مطلوب در مزرعه وجود دارد، از اهمیت بیش تری برخوردار است. همچنین با جای گذاری لوله های آبیاری به طور یک درمیان ضمن آنکه عملکرد تفاوت چندانی در مقایسه با قراردادن نوارهای آبیاری برای هر خط کاشت نمی کند، هزینه های این روش آبیاری (به دلیل کاهش نوارهای تیپ در مزارع) نیز به طور

قابل توجهی کاهش می یابد. در ضمن، نوارهای آبیاری مانعی برای عملیات ماشینی نخواهند بود.



شکل ۱۵- آرایش کاشت و آرایش نصب نوار آبیاری قطره‌ای در مزرعه چغندرقند
(الف) ۶۰ -۴۰؛ (ب) ۵۰ -۴۰؛ (ج) ۵۰-۲۵

کنترل علف های هرز چغندرقند

علف های هرز در استفاده از نور، مواد غذایی و آب با گیاه زراعی رقابت می کنند. لذا کنترل علف های هرز می تواند در حفظ ذخایر رطوبتی خاک خصوصاً در مراحل اولیه رشد چغندرقند مؤثر باشد. در این ارتباط علاوه بر استفاده از روش های شیمیایی برای کنترل علف های هرز می توان به روش های مکانیکی نیز طی دوره رشد اقدام کرد. استفاده از کولتیواتورهای مناسب تیغه ای یا شمشیریِ بدون فاروئر ضمن کنترل علف های هرز با شکستن لوله های موئین خاک باعث می شود ارتباط بین آب های ذخیره شده در خاک و هوای نزدیک خاک قطع شود و در نتیجه رطوبت خاک حفظ شود (شکل ۱۶). بنابراین استفاده از کولتیواتورهای مناسب (قبل از بسته شدن پوشش گیاهی) در زراعت چغندرقند برای حذف علف های هرز و نیز قطع لوله های موئین توصیه می شود.

شکل ۱۶- استفاده از کولتیواتورهای مناسب (قبل از بسته شدن پوشش گیاهی) در زراعت چغندرقند برای حذف علف های هرز و نیز قطع لوله های مویین باعث افزایش بهره وری آب می شود.

تغذیه چغندرقند در شرایط کمبود آب

به طور مشابه، در شرایط آبیاریِ معمول، در شرایط با محدودیت آب نیز مصرف متعادل کود های نیتروژنه، فسفره و پتاسه بر اساس آزمون خاک برای دستیابی به عملکردِ قابل قبول الزامی است. در ارتباط با عناصر کم مصرف نظیر بور و روی نیز میزان موجودی این عناصر و حد مطلوب آن ها برای رشد بهینه چغندرقند مهم است.

اما از آنجایی که در شرایط کمبود آب، به دلیل کاهش جذب آب از طریق ریشه، میزان جذب مواد غذایی مورد نیاز گیاه کاهش می یابد، تأمین کافی و به موقع عناصر غذایی نقش مهمی در کاهش تأثیرات تنش دارد. استفاده از کودهای ترکیبی از مواد آلی و عناصر غذایی (ارگانومینرال) در شرایط کم آبیاری می تواند راهی برای افزایش بهره وری مصرف آب و کاهش تأثیرات تنش

رطوبتی باشد. این کودها سبب بهبود دانه بندی خاک، افزایش فعالیت و تنوع میکروارگانیسم های خاک می شود. توجه کنید که مصرف بیش از حد توصیه شده این عناصر در شرایط محدودیت زیاد آب، به دلیل بی تحرکی عناصر در خاک، توازن عناصر غذایی را به هم می زند و نه تنها اثر مثبتی بر عملکرد ندارد، بلکه تا حدی باعث کاهش آن نیز می شود. لذا در شرایط محدودیت آب مصرف عناصر غذایی کودهای اصلی و ریزمغذی به همراه بهبود ماده آلی خاک برای افزایش بهره وری آب و کود توصیه می شود.

استفاده از مواد ضدتعرق یا ضدتنش

کم تر از ۵ درصد از آب جذب شده توسط ریشه گیاه صرف رشد و نمو آن می شود و ۹۵ درصد مابقی از طریق تعرق از دست می رود. بنابراین کاهش تعرق فرصت مناسبی برای کاهش تأثیرات سوء کمبود آب در مناطق نیمه خشک و افزایش عملکرد گیاهان زراعی است.

یکی از راهکارهای کاهش تعرق در این مناطق استفاده از مواد ضدتعرق برای افزایش مقاومت برگی در مقابل خروج آب است. بااین حال باید توجه داشت که این مواد ضمن کاهش خروج آب از گیاه در مقابل ورود دی اکسیدکربن به گیاه نیز مقاومت ایجاد می کنند و سبب اختلال در فرایند فتوسنتز می شوند. اما میزان و اهمیت فتوسنتز در مراحل مختلف رشدی گیاهان مختلف ممکن است متفاوت باشد. به عنوان مثال استفاده از مواد ضدتعریق در گندم سبب افزایش عملکرد این محصول در شرایط تنش خشکی و کاهش اتلاف آب در مرحله غلاف بندی (که مرحله ای حساس به تنش خشکی است) شد.

استفاده از مواد تنظیم کننده رشد گیاهی نیز همچون براسینواستروئیدها می تواند راهکاری برای کاهش خسارت تنش کمبود آب باشد. براسینواستروئیدها ترکیبات استروئیدی گیاهی با فعالیت گسترده بیولوژیکی هستند که توانایی افزایش عملکرد گیاهان را از طریق تغییرات متابولیسمی گیاه و حفاظت از آن ها

در برابر تنش های محیطی دارند.

با توجه به اینکه شرکت های متفاوت برای کاهش تعرق یا کاهش تنش محصولات متنوعی را ممکن است در این ارتباط پیشنهاد کنند، توصیه می شود قبل از استفاده، کارایی این محصولات به همراه مقدار و زمان مصرف آن ها از طریق مراجع معتبر استعلام شود.

روش های آبیاری متناسب با زراعت چغندرقند

در کشاورزی سنتی و در مناطقی که خرده مالکی است، کشت چغندرقند در کرت انجام می شود. ولی کاشت چغندرقند به صورت کرتی به علت افزایش مقدار بذر مصرفی، بالارفتن میزان مصرف آب، تشدید بیماری پوسیدگی ریشه، نبود امکان استفاده از ادوات مکانیزه برای انجام فعالیت های مربوط به داشت و برداشت و در نهایت افزایش هزینه های تولید قابل توصیه نیست.

یکی از شیوه های رایج آبیاری این گیاه در کشور شیاری (نشتی) است. با کاهش منابع آبی کشور و به منظور استفاده بهتر از آب، استفاده از آبیاری های تحت فشار بارانی و قطره ای با استفاده از یارانه ها و وام های دولتی در دستور کار وزارت کشاورزی قرار گرفت. برای آبیاری گیاه چغندرقند امکان استفاده از همه روش های تحت فشار وجود دارد. هرچند عواملی مانند مشخصات فیزیکی خاک، شیب زمین، سرعت باد، شرایط اقلیمی، امکانات فنی محلی و مباحث اقتصادی می تواند در انتخاب سیستم آبیاری نقش داشته باشد. ضمن اینکه کیفیت آب آبیاری نیز در برخی موارد می تواند در انتخاب روش آبیاری ایفای نقش کند.

آبیاری شیاری (نشتی)

روش آبیاری شیاری علاوه بر زراعت چغندرقند با تمام محصولاتی که قابلیت کاشت ردیفی دارند و نیز باغ های میوه سازگاری دارد. همچنین این روش برای اکثر خاک ها به جز خاک های شنی مناسب است. در خاک های خیلی شور

به‌علت تجمع نمک‌ها در روی پشته‌ها باید خیلی بااحتیاط عمل شود و در صورت نیاز قبل از احداث شیارها مزرعه آب‌شویی شود. در اراضی شیب‌دار بهتر است ابتدا تراس‌بندی شود و سپس شیارها روی تراس‌ها احداث شوند و بعد کشت را انجام داد. از مهم‌ترین مزایای این روش امکان انجام عملیات ماشینی برای کاشت، داشت و برداشت و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید است.

اگر قرار باشد شیارها به روش سطحی آبیاری شوند، برای رسیدن به یکنواختی توزیع آب مناسب در طول شیارها و بازدهی مورد قبول، الزاماً باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرند:

۱- زمین تسطیح شود و تا حد امکان خاک نرم شده باشد.

۲- شیب زمین در طول شیارها یکنواخت و ۱ تا ۵ متر در هزار متر باشد.

۳- در خاک‌های دارای بافت سبک طول شیارها کوتاه‌تر شود و با سنگین‌ترشدن بافت خاک طول شیار افزایش پیدا کند. البته طراحی اندازه شیارها به‌لحاظ علمی باید توسط طراح خبره انجام شود.

عوامل زیادی در تعیین طول شیارها مؤثر است. عوامل نام‌برده زیر از جمله عوامل تأثیرگذار بر انتخاب طول شیارها هستند:

۱- بافت خاک؛

۲- دبی جریان؛

۳- عمق آب آبیاری؛

۴- شیب زمین؛

۵- شیوه زراعت؛

۶- اندازه و شکل مزرعه.

عوامل متعددی در اندازه طول شیارها تأثیرگذار هستند؛ اما به‌طور کلی از نظر کشاورزان بهتر است طول شیارها زیادتر باشد. زیرا وقتی طول شیارها کم‌تر باشد،

تعـداد جوی هـای فرعی در مزرعـه زیادتر و به تبـع عملیات آبیاری بیش تر می شـود و مکانیزه کـردن مزرعـه مشـکل تر می شـود. به طـور معمول طـول شـیار در خاک های رسـی بیش تـر از شـنی اسـت. در یـک خـاک شـنی بـا افزایـش مقـدار جریـان (برای یـک عمـق ثابـت آب آبیـاری) می توان طول شـیار را بیش تر انتخاب کـرد. در صورتی کـه زمیـن دقیـق تسـطیح شـده باشـد و دارای شـیب یکنواخـت و پیوسته باشـد، از جـدول ۳ می تـوان بـرای تعییـن حداکثر طـول شـیار در خاک های با بافـت مختلف و شـیب های مختلف اسـتفاده کرد.

امـا از نظـر عملـی طـول مناسـب شـیار توسـط شـدت جریـان غیرفرسایشـی (بیش ترین جریانی که باعث فرسـایش شـیار نمی شـود) مشـخص می شـود. به طوری کـه آب بتوانـد تقریبـاً در یک چهـارم زمـان لازم بـرای نفـوذ عمـق خالص آبیـاری به انتهـای شـیار برسـد. بـه عبارتـی اگر برای نفـوذ عمـق آب آبیاری در خاک لازم اسـت ۴ سـاعت آب بـا خـاک در تماس باشـد، طول شـیار باید بـه اندازه ای انتخاب شـود که آب ورودی بـه شـیار پـس از گذشـت حداکثـر یک سـاعت به انتهای شـیار برسـد. این روش تقریبـاً تجربـی اسـت، ولی می توانـد مبنایـی عملـی بـرای مشـخص کردن طول شـیارها در مزارع باشـد.

جدول ۳- حداکثر طول پیشنهادی شیارها و حداکثر جریان ورودی به شیار در خاک های مختلف. منبع (Booher, 1974)

شیب شیار (درصد)	متوسط عمق آب آبیاری (سانتی متر)											
	رس				لوم				شن			
	۷/۵	۱۵	۲۲/۵	۳۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵
۰/۰۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۱۲۰	۲۷۰	۴۰۰	۴۰۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰
۰/۱	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۵۰۰	۱۸۰	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۹۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۰/۲	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۶۲۰	۲۲۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۰/۳	۴۰۰	۵۰۰	۶۲۰	۸۰۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۸۰	۴۰۰
۰/۵	۴۰۰	۵۰۰	۵۶۰	۷۵۰	۲۸۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۱	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۵۰
۱/۵	۲۵۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۰۰	۲۲۰	۲۸۰	۳۴۰	۴۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۲	۲۲۰	۲۷۰	۳۴۰	۴۰۰	۱۸۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۴۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰

مهم ترین مزایای آبیاری شیاری عبارت اند از:

۱- بـا هـر مقـدار دبی امـکان آبیـاری در مزرعه وجـود دارد؛ زیرا متناسـب با مقدار دبـی، تعـداد شـیار هایی کـه هم زمان آبیـاری می شـوند، قابل تغییر اسـت.

۲- با اعمال مدیریت دقیق، بازدهی آبیاری در این روش می تواند بالا باشد.

۳- در نقاط پرباران شیارها نقش زهکش سطحی را نیز دارند.

همچنین مهم ترین محدودیت های این روش آبیاری عبارت اند از:

۱- نیاز به تسطیح بسیار دقیق دارد.

۲- نیاز به نیروی انسانی زیاد برای کنترل دقیق آب در شیارها دارد.

۳- جمع آوری آب خروجی از انتهای شیارها امکان پذیر است.

۴- مناسب نبودن با گیاهانی که ریشه سطحی دارند.

۵- نبود امکان کاربرد این روش در خاک های سبک.

۶- مشـکل بودن انجـام آبیاری هـای سـبک در مرحلـه جوانه زنـی بـذر و اوایـل دوره رشـد.

۷- تلفات زیاد آب در مراحل جوانه زنی بذر و رشد اولیه گیاه.

در ایـن روش مقـدار آب نفوذ یافتـه بـه عمـق خـاک یـا نشـت کرده بـه داخـل پشـته های احداث شـده تابعـی از مـدت زمـان تمـاس آب بـا خـاک اسـت. از زمانـی کـه آب وارد شـیار می شـود، مدتـی طـول می کشـد تـا بـه انتهـای شـیارها برسـد و سـپس آبیـاری ادامـه پیـدا می کند تـا زمانی کـه آب تا عمق منطقه توسـعه ریشـه ها نفـوذ کنـد و خـاک مرطـوب شـود. چـون زمان تمـاس آب بـا خـاک در ابتـدا بیش تر از انتهـای شیارهاسـت، طبیعـی اسـت کـه آب نفوذیافتـه در ابتـدای شـیار بیش تر از انتهـای شـیار شـود. اگـر قـرار باشـد خـاک انتهـای شـیارها تـا عمـق ریشـه مرطوب شـود، ابتـدای شـیار آب بیش تـری از انتهـای شـیار بـه خاک نفـوذ کرده و بخشـی از آن به صـورت نفـوذ عمقـی از دسـترس گیـاه خارج می شـود که جزو تلفات محسـوب خواهـد شـد و اگـر قـرار باشـد عمـق آب نفوذکـرده در خـاک اواسـط شـیار، در حدود

عمـق توسـعه ریشه باشـد، بوته های ابتدای شـیار بیش تـر و انتهای شـیار کم تر از آب مـورد نیـاز آب دریافـت خواهند کـرد. به عبارتی در آبیاری شـیاری لازم اسـت تعادلی بیـن تفـاوت مقـدار آب نفوذیافتـه در ابتـدا و انتهای شـیارها به وجـود آورد. کم کردن ایـن تفـاوت را می تـوان بـا کاهـش زمـان رسـاندن آب به انتهای شـیار ایجـاد کرد که بـرای یـک آبیاریِ کامل هرچه آب سـریع تر به انتهای شـیار برسـد، بازدهـی آبیاری و یکنواختـی توزیـع آب بهتر خواهـد بود.

در آبیـاری شـیاری هرچقـدر توزیـع آب در طـول شـیار یکنواخت تـر باشـد و بـه عبـارت دیگـر مـدت تمـاس آب بـا خـاک در ابتـدا و انتهـای شـیار بـه هـم نزدیک تر باشـد، آبیـاری بهتـر خواهـد بود. بـرای کنترل جریان آب در شـیار و رسـیدن به هدف مذکـور، روش هـا یـا راه حل هـای مختلفی وجـود دارد کـه از آن جمله انـد:

۱- شیارهای با انتهای باز؛

۲- روش کاهش جریان (Cut Back Method)؛

۳- شیارهای با انتهای بسته.

در حالت اول مقداری از آب به صورت رواناب سـطحی از انتهای شـیار خارج می شـود کـه می تـوان پـس از جمع آوری در شـیارهای پایین دسـت دوبـاره از آن اسـتفاده کرد. اسـتفاده مجـدد در شـیارهای پایین دسـت منـوط بـه کنتـرل کیفیـت آب اسـت که در صـورت مناسـب بودن قابل اسـتفاده اسـت. ایـن روش در اکثـر مناطـق خشـک ایـران مانند خراسـان رایج اسـت.

در روش کاهـش جریـان، ابتـدا آب بـا دبـی نسـبتاً زیاد وارد شـیار می شـود و پس از رسـیدن آب بـه حـدود انتهـای شـیار، جریـان ورودی بـه شـیار (معمـولاً بـه نصف) کاهـش می یابـد. بـا ایـن عمـل، عـلاوه بر رسـیدن زودتـر آب به انتهـای شـیار، مقدار روانـاب انتهایـی شـیار کاهش می یابـد و بازدهـی آبیاری افزایـش می یابد. اسـتفاده از ایـن روش به وجـود کارگـر ماهـر آبیـاری، عوامل اقتصـادی و... بسـتگی دارد.

در شیارهای با انتهای بسته، تلفات انتهایی شیار حذف می شود و آبی که وارد شیارها می شود در زمان کوتاهی طول شیار را طی می کند و سپس تا نفوذ کامل به داخل خاک در شیار نگه داشته می شود. اگر آب به طور هم زمان در تمام طول شیار یکسان پخش می شد، زمان تماس آب با خاک در تمام نقاط طول شیار یکسان می شد؛ ولی در عمل مقداری زمان نیاز است تا آب به انتهای شیار برسد. این روش برای شیارهای مسطح یا کم شیب مناسب است.

ورود آب ممکن است از نهر بالادست به وسیله سیفون، لوله های دریچه دار یا پته بندی به شیارها وارد شود و در شبکه های آبیاری با استفاده از لوله های دریچه داری که هیدروفلوم نام دارند، توزیع شوند (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- ورود آب از نهر بالادست با استفاده از لوله های دریچه دار

رعایت نکردن نکات فنی در آماده سازی زمین، شیب غیریکنواخت و نامناسب و... باعث اتلاف آب، کاهش بازدهی آبیاری، بدسبزی بذرها، نداشتن سطح سبز مناسب در مزرعه و در نهایت کاهش عملکرد و درآمد کشاورز می شود (شکل ۱۸).

شکل ۱۸- کاربرد نادرست روش آبیاری باعث کاهش بازدهی آبیاری می شود.

یکی از راهکارهای دیگر افزایش بازدهی آبیاری شیاری، استفاده از آبیاری موجی است. آبیاری موجی مفهومی در آبیاری سطحی است و کاربرد متناوب آب آبیاری در مسیرهای آبیاری و ایجاد مجموعه ای از دوره های زمانی قطع و وصل با مدت زمان ثابت یا متغیر است. مطالعات نشان داده است که کاربرد متناوب آب در سطح مزرعه فرایند نفوذ خاک در مرحله پیشروی آب را تغییر می دهد. این شیوه مدیریت می تواند بازده آبیاری سطحی را در حد قابل ملاحظه ای بهتر کند و قابلیت کاربردی آن را افزایش دهد. در جریان موجی ضمن تأمین آب و پرکردن منافذ خاک میزان مصرف آب کاهش می یابد. این روش به وسیله خودکارکردن آبیاری سطحی و کاهش نیروی انسانی لازم نیز قابل انجام است.

در روش موجی آب را با حداکثر دبی غیرفرسایشی وارد شیارها می کنند و زمانی که سرعت پیشروی در هر شیار کاهش شدید پیدا کرد، بایستی آب ورودی

را قطع کرد و به شیار مجاور هدایت کرد. در این شیار نیز بعد از کاهش شدید سرعت پیشروی، آب به شیار قبلی هدایت می شود. عمل مذکور تا زمانی ادامه پیدا می کند که آب در شیارها به انتها برسد. بعد از این مرحله تمام شیارها به صورت معمول و با دبی حداقل آبیاری ادامه می یابد. این روش در خاک های سبک، مرحله خاک آب و بعد از وجین یا کولتیواتور زدن بسیار مؤثر است و بازدهی آبیاری را تا حد چشمگیری افزایش می دهد و زمان آبیاری را کاهش می دهد.

شایان ذکر است در مزارعی که با سیفون آبیاری می شوند، عمل مذکور به راحتی قابل مدیریت و انجام است. به طور مثال، اگر دبی آب موجود در نهر بالادست جواب گوی آب ۵۰ سیفون باشد، آبیاری را در ۲۵ شیار یک درمیان (هر کدام دو سیفون) شروع کنید و آب در شیارها جریان پیدا می کند. در ابتدا سرعت جریان در شیار زیاد است و به تدریج کم می شود، تا جایی که سرعت حرکت آب در شیار بسیار کم می شود. آنگاه آب ورودی به این شیارها با جابه جایی سیفون ها به شیارهای مجاور قطع می شود و آب داخل شیارها به خاک نفوذ می کند. مجدد همین اتفاق در شیارهای بعدی می افتد تا جایی که سرعت پیشروی آب در شیارها بسیار کم شود. مجدد، سیفون ها به شیارهای اول برگردانده می شوند. آب ورودی به شیارها مسیری را که قبلاً خیس شده است با سرعت زیاد طی می کند و پیشروی آب در قسمت خشک شیارها با سرعت خوب ادامه می یابد تا زمانی که سرعت پیشروی کم شود و ممکن است حتی متوقف شود. در این حالت مجدد سیفون ها به شیارهای مجاور منتقل می شوند. این فرایند ادامه می یابد تا آب به انتهای شیارها برسد. آنگاه سیفون ها جابه جا می شوند و در هر کدام از ۵۰ شیار فقط یک سیفون گذاشته می شود. با انجام این عمل همیشه سطح آب در نهر بالادست تنظیم شده باقی می ماند.

نتیجه اینکه اختلاف مدت زمان تماس آب با خاک در ابتدا و انتهای شیارها کم می شود و تلفات نفوذ عمقی آب در بخش های اول شیارها کم می شود.

ایـن روش در مرحلـه خـاک آب و بعـد از وجین یـا کولتیواتورزدن بسـیار مؤثر اسـت و عـلاوه بـر افزایـش قابل قبـول بازدهی آبیـاری (حدود ۳۰ درصـد)، زمان آبیـاری را نیز کاهش می دهـد.

آبیاری بارانی

بـرای اسـتفاده از روش هـای بارانـی برای آبیاری مـزارع چغندرقنـد محدودیتی وجود نـدارد (شـکل های ۱۹ تـا ۲۲). ولـی بسـته بـه نـوع سیسـتم آبیـاری بارانـی مـورد اسـتفاده، مقـدار آب آبیاری داده شـده به یـک مزرعه برابر نخواهنـد بود؛ زیرا روش هـای مختلف آبیـاری بارانـی دارای بازدهی آبیاری متفاوت هسـتند. بازدهی آبیـاری سیسـتم های آبیـاری بارانـی سـنترپیوت و لینیر بالاتـر از سیسـتم آبیاری بارانـی رول لایـن یا قرقره ای اسـت.

عمق آب آبیاری در سیسـتم آبیاری لینیر و سـنترپیوت با سـرعت حرکت دسـتگاه تغییـر می کنـد. بـرای مثـال، اگـر در یـک مرحلـه آبیـاری نیاز خالـص آب مـورد نیاز ۶۰ میلی متـر و بازدهـی آبیـاری دسـتگاه سـنترپیوت ۸۰ درصـد باشـد، عمق آب داده شـده به شـرح زیر محاسـبه می شـود:

(۶۰÷۸۰) ×۱۰۰ = ۷۵ میلی متر

لـذا آبیـار بایـد درجـه سـرعت حرکـت دسـتگاه را روی عـددی تنظیـم کنـد کـه معـادل ۷۵ میلی متـر آب روی سـطح مزرعـه بـارش کنـد.

در سیسـتم آبیـاری بارانـی رول لایـن، عمـق آب آبیاری بـا مدت زمان هر اسـتقرار قابل تنظیـم اسـت. در همـان شـرایط فوق اگـر آبیاری با دسـتگاه رول لاین بـا بازدهی ۷۰ درصـد و شـدت بـارش ۹ میلی متـر در سـاعت انجـام شـود، زمـان هـر اسـتقرار (آب پاشـی رول لایـن در یـک موقعیـت) به شـرح زیر محاسـبه می شـود:

(۶۰÷۷۰) ×۱۰۰ = ۸۵/۷ میلی متر

۸۵/۷ ÷۹ = ۹/۵ ساعت

لـذا آبیـار بایـد دسـتگاه رولایـن را در هـر موقعیـت اسـتقرار دسـتگاه ۹/۵ سـاعت نگـه دارد و آب پاش هـا در حـال کار باشـند. پـس از خاتمـه زمـان، لازم اسـت آبیاری قطـع و دسـتگاه را بـه محـل اسـتقرار بعدی کـه معمولاً ۱۸ متر اسـت، منتقـل کنند و پس از اسـتقرار دسـتگاه با بازکردن شـیر ورودی آب به دسـتگاه، باز آبیاری را به مدت ۹/۵ سـاعت ادامـه دهنـد و همین طور ادامـه دهند.

در سیسـتم آبیـاری قرقـره‌ای نیـز عمـق آب آبیـاری بـا تنظیـم سـرعت حرکـت آب پـاش، قطـر نـازل آب پاش و فشـار دسـتگاه قابل تنظیم اسـت کـه جدول مربوط به تنظیم عمق آب آبیاری در روی دسـتگاه از سـوی کارخانه سـازنده نصب شـده اسـت.

شکل ۱۹- روش آبیاری سنترپیوت در زراعت چغندرقند

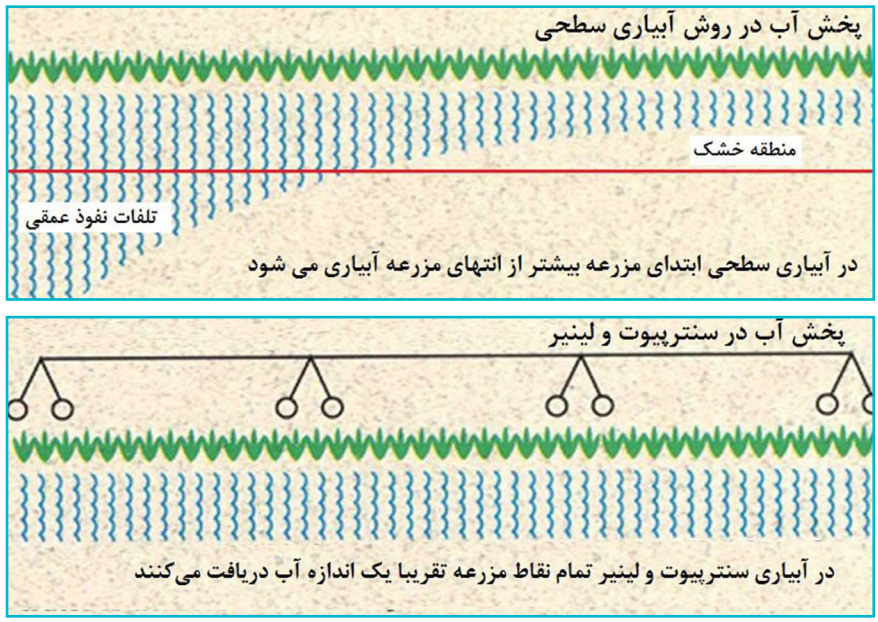
شکل ۲۰- روش آبیاری چغندرقند با دستگاه لینیر

شکل ۲۱- روش آبیاری بارانی کلاسیک در زراعت چغندرقند

شکل ۲۲- کاربرد آبیاری رول لاین در زراعت چغندرقند

در آبیـاری سـطحی چـون زمانی طول خواهد کشـید تا آب ورودی به انتهای شـیار برسـد، زمـان تمـاس آب بـا خـاک در ابتدای شـیار بیش تر از انتهای شـیار اسـت. این امـر باعـث مـی شـود کـه آبِ نفوذکـرده در عمـق خـاک در انتهای شـیار کم تـر و در ابتـدای شـیار بیش تر از عمق توسـعه ریشـه باشـد. بـه عبارتـی، در انتهای شـیار گیاه کم تـر و در ابتـدای شـیار بیش تـر از مقـدار مـورد نیـاز آب دریافـت می کنـد. مقـدار آب مـازادی کـه به‌صـورت عمقـی از دسـترس گیـاه خـارج می شـود، جـزو تلفـات محسوب شـود. امـا در آبیـاری بارانـی کـه بـارش در ابتدا و انتهـای خط لولـه هم‌زمان صورت می گیـرد، در صورتـی کـه طراحـی درسـت صورت گرفتـه باشـد و آب پاش ها سـالم باشـند و درسـت کار کنند، تفاوت محسوسـی بین ابتدا و انتهای مزرعه مشـاهده نمی شـود و تمـام مزرعـه تقریبـاً همسـان آبیاری می شـوند. علـت بالاتربـودن بازدهی آبیـاری در آبیـاری بارانـی نسـبت به آبیاری سـطحی ناشـی از همین تفـاوت در مقدار آب نفوذیافتـه در خـاک اسـت. البتـه ذکـر ایـن نکتـه نیـز ضروری اسـت که اسـتفاده از آبیـاری بارانـی در شـرایط گـرم و خشـک همراه بـا باد زیـاد می تواند باعـث افزایش

تلفـات تبخیـر و بادبردگـی شـود و بازدهـی آبیـاری بارانـی را به طـور قابل ملاحظه ای کاهش دهد. در شـکل ۲۳ یکنواختی پخش آب در آبیاری های سـطحی و سنترپیوت و لینیر نشـان داده شـده است.



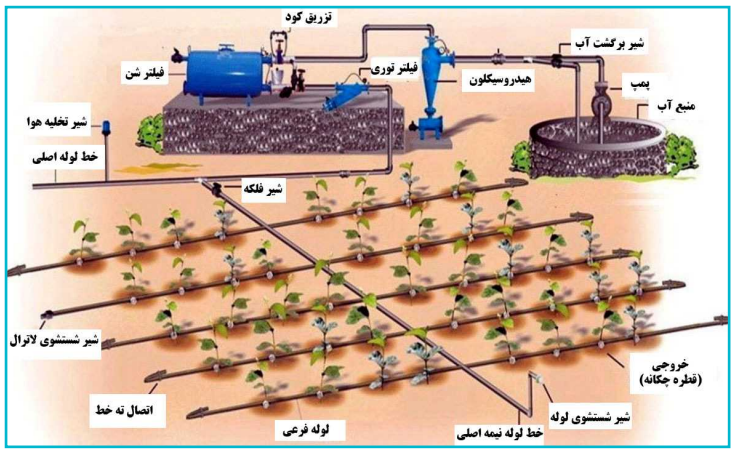
شکل ۲۳- مقایسه پخش آب در طول شیار در آبیاری سطحی با سنترپیوت و لینیر

آبیاری قطره ای

آبیـاری قطـره ای واژه ای بسـیار کلی اسـت و بـه هر سیسـتمی که بتوانـد در زمانِ معیـن مقـدارِ مشـخصی آب را بـه یک گیاه برسـاند یـا آن را در مکان مشـخصی توزیـع کنـد، آبیـاری قطـره ای گوینـد. آبیاری قطـره ای طیف وسـیع و گسـترده ای از آبیاری هـا را شـامل می شـود و اسـامی مختلفی نظیر آبیـاری موضعـی[1]، خردآبیاری[2] و آبیـاری قطره چکانـی[3] بـه آن اطـلاق می شـود کـه همگـی مترادف اند.

1- Localized Irrigation
2- Micro Irrigation
3- Drip Irrigation

اجـزای تشـکیل دهنده سیسـتم کنتـرل مرکـزی آبیـاری قطـره‌ای معمولاً شـامل ایسـتگاه پمپاژ، واحـد کنتـرل مرکـزی، لوله هـای اصلـی[1] و فرعـی[2]، لوله هـای آبـده[3]، خروجی ها، شـیرها (نظیر شـیرهای هوا، شـیرهای خلأشـکن، شـیرهای فشار شـکن)، اتصـالات و سـایر تجهیزات و وسـایل ضروری اسـت (شـکل ۲۴).



شکل ۲۴- شمای کلی سیستم آبیاری قطره‌ای

کاربـرد آبیاری هـای قطره‌ای-نـواری (تیـپ) در سـال های اخیـر جایگاه ویـژه‌ای پیـدا کـرده اسـت و کشـاورزان بـه اسـتفاده از ایـن روش ها بـرای آبیـاری زراعت های ردیفـی رغبـت زیـادی پیـدا کرده‌انـد (شـکل ۲۵). لوله هـای فرعـی پلی اتیلنـی کـه بـرای آبیـاری باغ ها اسـتفاده می شـوند، سـال های زیادی قابل اسـتفاده هسـتند، ولی در گیاهـان ردیفـی کـه بـا فاصلـه کـم کاشـته می شـوند، بـه علـل مختلـف کاربـرد زیـادی نـدارد؛ زیـرا مقدار زیادی لوله مصرف می شـود که بایسـتی هر سـاله از سـطح مزرعـه جمـع آوری و در فصـل زراعـی بعدی پهن شـوند. حمـل و انبـارداری لوله های جمع آوری شـده از مزرعـه فضـای زیـادی لازم دارد کـه هزینـه زیادی هـم باید صرف

1- Main Line
2- Manifold
3- Lateral

آن شـود. ضمـن اینکـه پهن کـردن و جمع آوری این لوله ها مشـکلاتی را نیـز به دنبال دارد. بـه همیـن دلیـل لوله هـای نـواری کـه دارای ضخامت بسـیار کمی هسـتند و به روش نـواری (تیپ) مشـهور شـده اند، ابداع شـده اسـت.

شکل ۲۵- کاربرد روش آبیاری قطره ای نواری (تیپ) در زراعت چغندرقند

در آبیـاری قطـره ای نـواری به جـای قطره چـکان از روزنه هایـی بـا دبی بسـیار کم تـر نسـبت بـه قطره چکان های موجود در بازار اسـتفاده شـده اسـت. ایـن روزنه ها در فاصلـه ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سـانتی متری یا حتی بیش تر، در امتداد نوار تعبیه شـده اند. ایـن لوله هـا دارای مشـخصاتی مانند حجم و وزن کم و قیمت مناسـب هسـتند که امـکان نصـب آن را در رو یـا زیـر خـاک توسـط دسـت یـا دنباله بندهـای مخصـوص فراهـم می کنـد. بـه همیـن علـت، مصـرف ایـن لوله هـا در بسـیاری از زراعت هـا از جملـه چغندرقنـد و نیـز کشـت های گلخانـه ای و حتـی باغ هـا جایـگاه خاصـی پیـدا کرده اسـت. این سیسـتم با فشـار بسـیار پاییـن ۰/۳ تا ۱/۳ بـار، قطـرات آب را به طور یکنواخـت تقسـیم می کنـد. امـکان نصـب ایـن نوارهـا هـم به وسـیله دسـت و هـم با

ماشـین امکان پذیـر اسـت. در شـکل ۲۶ ماشـینی را می بینیـد که هم زمان با کاشـتن بـذر، نوارهـای آبیـاری را نصـب می کند.

شکل ۲۶- یک نمونه وسیله پهن کردن نوارهای تیپ

تأثیر روش های مختلف آبیاری بر بهره وری آب

همان گونـه کـه در قبـل ذکـر شـد بـرای آبیـاری چغندرقنـد می تـوان از سیسـتم های متفـاوت آبیـاری بارانـی (نظیر کلاسـیک، ویل مـو و سـنترپیوت) و تیپ (قطره ای- نـواری) اسـتفاده کـرد. اسـتفاده از سیسـتم های آبیـاری تحت فشـار و خصوصـاً تیـپ حتـی با فـرض نداشـتن تأثیر معنـادار بر عملکـرد، به دلیـل بالاتربودن بازدهـی آبیـاری در مقایسـه با آبیاری نشـتی، باعـث صرفه جویی چشـمگیر در مصرف آب و در نتیجـه افزایـش بهـره وری مصـرف آب می شـوند.

گـزارش شـده اسـت کـه در کشـت بهـاره اسـتفاده از سیسـتم های آبیـاری بارانی (کلاسـیک) و قطـره ای (تیـپ) به جای آبیـاری نشـتی، مصـرف آب را به ترتیب حدود ۱۴ و ۴۲ درصد کاهش داده اسـت. در همین شـرایط عملکرد شـکر در سیسـتم آبیاری بارانی نسـبت به نشـتی حدود ۱۴ درصد افزایش یافت، ولی عملکرد شـکر در سیسـتم

قطره‌ای تفاوت معناداری با نشتی نداشت. در این آزمایش بهره وری مصرف آب برای عملکرد شکر در سیستم های قطره‌ای، بارانی و نشتی به ترتیب ۱/۱، ۰/۹۱ و ۰/۶۴ کیلوگرم شکر به‌ازای مصرف یک مترمکعب آب بود.

در گزارش دیگری دو سیستم آبیاری نشتی و قطره‌ای (تیپ) در کشت های بهاره و پاییزه در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با یکدیگر مقایسه شدند. در کشت بهاره و پاییزه با استفاده از سیستم تیپ به ترتیب حدود ۳۲ و ۵۵ درصد در مصرف آب صرفه جویی شد، بدون آنکه اثر معناداری در عملکرد شکر رخ دهد.

علاوه بر مزایای ذکرشده برای روش های مختلف آبیاری تحت فشار، در این روش خصوصاً آبیاری تیپ ضمن صرفه جویی در مصرف آب، شرایط مطلوب رطوبتی در مدت های طولانی در اطراف ریشه حفظ می شود. لذا گیاه طی فصل رشد علی رغم صرفه جویی در مصرف آب در معرض تنش خشکی قرار نمی گیرد.

کودآبیاری

در روش های آبیاری سطحی و بارانی، معمولاً کشاورزان یک بار در زمان آماده سازی زمین و بر اساس آزمایش خاک، قبل از کاشت چغندرقند، و یک تا دو بار هم در طول فصل داشت کودهای سرک به مزرعه می دهند. اما در روش های آبیاری تحت فشار و به ویژه آبیاری قطره‌ای علاوه بر مقدار کودی که قبل از کاشت به زمین می دهند، مقدار کود مورد نیاز در طول فصل داشت را به صورت تقسیط و محاسبه شده همراه آب آبیاری به مزرعه می دهند.

در سیستم های کنترل مرکزی نصب شده در روش آبیاری قطره‌ای و رایج در کشور ممکن است تزریق کود را با استفاده از ایجاد اختلاف فشار یا استفاده از انواع پمپ های پیستونی یا دیافراگمی یا ونتوری انجام دهند. برای حل کردن کود در آب مخزن برای این دو روش تفاوت اساسی وجود دارد و بهره برداران باید در مقدار کود دقت لازم را به کار برند.

در روش ایجاد اختلاف فشار، حتماً بایستی تمام کودِ ریخته شده و حل شده در مخزن کود برای یک واحد آبیاری تعیین و مصرف شود. در این روش توسط شیرفلکه نصب شده در مسیر لوله قبل از فیلترهای توری، اختلاف فشاری بین قبل و بعد از شیرفلکه به وجود می آید. در اثر اختلاف فشار ایجادشده، جریانی وارد مخزن کود می شود و پس از مخلوط شدن با آب و به هم زدن محلول، از مسیر خروجی تانک به لوله بعد از شیرفلکه وارد می شود. علت اینکه لازم است برای هر واحد آبیاری مقدار مشخصی کود در تانکر ریخته و مصرف شود، این است که با گذشت زمان مقدار کودی که با دبی مشخص آب ورودی به سیستم قطره ای مخلوط می شود، کاهش می یابد.

در روش دوم که با استفاده از پمپ یا لوله ونتوری انجام می شود، در تمام مدت زمان کوددهی، غلظت کود موجود در آب ثابت می ماند و امکان اینکه از یک مخزن بزرگ که دارای محلول کود و آب است، برای چند واحد آبیاری استفاده شود، وجود دارد. در این روش کافی است مقدار کود تخصیصی به هر واحد آبیاری از طریق کنترل زمان تزریق کود انجام شود. برای تعیین مقدار کود در مخزن در روش دوم که با استفاده از پمپ یا لوله ونتوری انجام می شود، در تمام مدت زمان کوددهی، غلظت کود موجود در آب ثابت می ماند و امکان اینکه از یک مخزن بزرگ که دارای محلول کود و آب است، برای چند واحد آبیاری استفاده شود، وجود دارد. برای تعیین مقدار کود در مخزن از رابطه زیر استفاده می شود:

$$X=\frac{Q\times V\times PPM\times 36}{q*C\times 100}$$

که در آن:

X= مقدار کود (کیلوگرم)،

Q= دبی خط لوله اصلی (لیتر در ثانیه)،

q= دبی پمپ تزریق (لیتر بر ساعت)،

V= حجم مخزن موجود (لیتر)،

PPM= غلظت کود (قسمت در میلیون) و

C= مقدار ماده مورد نظر در کل (درصد) است.

برای مثال، اگر سیستم آبیاری دارای مشخصات زیر باشد، مقدار کود لازم برای تزریق به سیستم آبیاری به شرح زیر محاسبه می شود:

دبی خط لوله اصلی= ۳۵ لیتر در ثانیه

دبی پمپ تزریق= ۸/۵ لیتر در ساعت

ماده مورد نیاز برای تزریق= نیتروژن

غلظت ماده مورد نظر در سیستم= 10 PPM

نوع کود= اوره با ۴۶ درصد نیتروژن

حجم مخزن کود= ۲۰۰ لیتر

حل: باتوجه به رابطه فوق مقدار کود لازم عبارت است از:

$$X=\frac{۳۵\times ۲۰۰\times ۱۰\times ۳۶}{۸/۵\times ۴۶\times ۱۰۰}=۶۴/۵\ Kg$$

پس از معین شدن مقدار کود (۶۴/۵ کیلوگرم)، مقدار کود مورد نیاز توزین می شود و در مخزن ریخته می شود و به وسیله همزن به هم زده شود تا کاملاً کود در آب مخزن حل شود. اما میزان حلالیت مواد شیمیایی مختلف مورد استفاده در آب سرد با هم تفاوت دارد. درجه حلالیت تعدادی از کودهای شیمیایی در جدول ۴ نشان داده شده است. در بعضی موارد، از کودهای مایع به جای کودهای جامد استفاده می شود. در این صورت نیز، مقدار کود مایع مورد نیاز از رابطه فوق قابل محاسبه است.

جدول ۴- درجه حلالیت برخی از کودهای شیمیایی در آب سرد

کودهای دارای عناصر ریزمغذی		کودهای دارای عناصر اصلی				
کود	درجه حلالیت (گرم در لیتر)	کود	درجه حلالیت (گرم در لیتر)	اجزاء کود (درصد)		
				K_2O	P_2O_3	N
بوراکس (بر)	۵	نیترات آمونیوم	۱۱۸۰	--	--	۳۳ -۳۴/۵
کلراید کلسیم	۶۰	سولفات آمونیوم	۷۰۰	--	--	۲۱
اکسید مس	نامحلول	نیترات کلسیم	۱۳۵۰	--	--	۱۵ -۱۵/۵
سولفات مس	۲۲	دی فسفات آمونیوم	۴۳۰	--	۵۴	۲۱
سولفات آهن	۲۹	مونو فسفات آمونیوم	۲۳۰	--	۴۸	۱۱
سولفات منیزیم	۷۱	نیترات سدیم	۷۳۰	--	--	۱۶
سولفات منگنز	۱۰۵	نیترات پتاسیم	۱۴۰	۴۴ -۴۶	--	۱۲-۱۴
سولفات روی	۷۵	سوپرفسفات سبک	۳۰	--	۱۶ -۲۰	--
مولیبدات سدیم	۵۶	سوپرفسفات سنگین	۴۰	--	۴۶	--
		اوره	۸۰۰	--	--	۴ -۴۶

برای واردکردن کود به داخل سیستم آبیاری، رعایت موارد زیر الزامی است:

۱- مخزن کود قبل از استفاده شست وشو داده شود.

۲- از اختلاط دو یا چند کود در مخزن کود پرهیز شود.

۳- هیچ گونه کود فسفری یا سموم فسفردار در مخزن ریخته نشود.

۴- کود های حاوی عناصر ریزمغذی را در ظرف جداگانه محلول کنید و بعد به مخزن کود اضافه کنید.

۵- هر نوع کودی که در مخزن کود ریخته می شود، حتماً باید غلظت آن ۱ تا ۲ در هزار باشد (به استثنای کودهای آهن و نیتروژنه)

۶- غلظت کودهای آهن حتماً باید نیم در هزار و غلظت کود های ازت یک در هزار باشد.

۷- یک ساعت قبل از کوددهی سیستم در حال کار باشد و حداقل یک ساعت پس از خاتمه کوددهی، آبیاری ادامه پیدا کند.

۸- پس از خاتمه عملیات کوددهی، مخزن کود کاملاً تخلیه و شسته شود.

نیاز آبی چغندرقند

نیاز آبی چغندرقند عبارت از مجموع تعرق سطح اندام هوایی گیاه به علاوه تبخیر از سطح خاک است که به آن نیاز خالص آبیاری نیز گفته می شود.

ایران جزو معدود مناطق کشت چغندرقند در جهان است که در بسیاری از مناطق حدود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی آن از طریق آبیاری تأمین می شود. نیاز آبی هر گیاهی، تحت تأثیر شرایط اقلیمی و زراعی در مناطق مختلف ممکن است متفاوت باشد. مقدار بارندگی، درجه حرارت و مقدار تبخیر از عوامل مهم و تأثیرگذار بر نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد هستند.

چغندرقند مانند بسیاری از گیاهان زراعی به هر روشی که کاشته شود، نیاز آبی آن در طول فصل زراعی در هر منطقه مقدار مشخصی است. نیاز خالص آب

مـورد نیـاز گیـاه چغندرقنـد بـر اسـاس منطقـه و عوامـل اقلیمی برآورد شـده اسـت و بـرای برخـی مناطـق کشـور در جدول ۵ آمده اسـت.

جدول ۵- نیاز خالص آب مورد نیاز چغندرقند در برخی از دشت های مهم کشور (مترمکعب در هکتار)
(علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶)

استان	دشت*	دوره رشد (روز)**	آب خالص موردنیاز	تأمین‌شده از بارندگی	*نیاز خالص آب آبیاری برای ۱۰۰ درصد تولید
آذربایجان غربی	ارومیه	۱۸۶	۷۰۵۰	۴۸۰	۶۵۷۰
	خوی	۱۸۶	۶۴۵۰	۶۵۰	۵۸۰۰
	مهاباد	۱۸۶	۶۹۶۰	۴۶۰	۶۵۰۰
اردبیل	مغان	۱۹۶	۸۵۹۰	۶۲۰	۷۹۷۰
خوزستان (کشت پاییزه)	شمال اهواز	۲۴۱	۵۲۷۰	۱۲۱	۴۰۶۰
	دزفول	۲۴۱	۴۶۸۰	۱۲۴	۳۴۴۰
	میان آب شوشتر	۲۴۱	۴۶۹۰	۱۳۶	۳۳۳۰
فارس	آباده، اقلید	۱۸۵	۸۰۱۰	۰	۸۰۱۰
	اردکان	۱۸۵	۶۷۹۰	۶۰	۶۷۳۰
	داراب	۱۷۶	۱۱۱۸۰	۰	۱۱۱۸۰
	زرقان	۱۷۵	۸۱۰۰	۶۰	۸۰۴۰
	فسا	۲۲۶	۹۷۱۰	۰	۹۷۱۰
	کوار	۲۲۶	۱۱۰۲	۶۰	۱۰۹۶

ادامه جدول ۵- نیاز خالص آب مورد نیاز چغندرقند در برخی از دشت های مهم کشور (مترمکعب در هکتار) (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶)

استان	دشت*	دوره رشد (روز)**	آب خالص موردنیاز	تأمین‌شده از بارندگی	*نیاز خالص آب آبیاری برای ۱۰۰ درصد تولید
خراسان رضوی	اسفراین	۲۲۶	۹۴۷۰	۳۸۰	۹۰۹۰
	تربت جام، فریمان	۲۲۶	۱۱۱۸۰	۲۱۰	۱۰۹۷۰
	تایباد	۲۲۶	۱۱۱۸۰	۲۱۰	۱۰۹۷۰
	جوین، سلطان آباد	۱۹۶	۱۰۱۶۰	۰	۱۰۱۶۰
	داورزن	۱۹۶	۱۲۰۳۰	۱۲۰	۱۱۹۱۰
	رخ	۲۲۶	۹۳۱۰	۳۴۰	۸۹۷۰
	سبزوار	۱۹۶	۱۲۰۳۰	۱۲۰	۱۱۹۱۰
	گناباد	۲۲۶	۱۲۲۰۰	۱۴۰	۱۲۰۶۰
	نیشابور	۲۲۶	۹۲۴۰	۱۵۰	۹۰۹۰
	مشهد، چناران	۲۲۶	۹۵۶۰	۴۴۰	۹۱۲۰
خراسان جنوبی	قائن	۲۲۶	۱۳۰۱۰	۱۵۰	۱۲۸۶۰
	بیرجند	۱۹۶	۱۳۰۸۰	۹۰	۱۲۹۹۰
اصفهان	گلپایگان	۱۵۵	۷۴۷۰	۱۳۰	۷۳۴۰
	مبارکه، سمیرم سفلی	۱۸۶	۹۲۳۰	۰	۹۲۳۰
	نجف آباد	۱۹۶	۹۵۱۰	۰	۹۵۱۰

ادامه جدول ۵- نیاز خالص آب مورد نیاز چغندرقند در برخی از دشت های مهم کشور
(مترمکعب در هکتار) (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶)

استان	دشت*	دوره رشد (روز)**	آب خالص موردنیاز	تأمین‌شده از بارندگی	*نیاز خالص آب آبیاری برای ۱۰۰ درصد تولید
همدان	اسدآباد	۱۶۵	۸۹۴۰	۱۸۰	۸۷۶
	کبودرآهنگ	۱۷۶	۱۰۲۸۰	۳۹۰	۹۸۹۰
	نهاوند، شیران	۱۶۵	۶۴۱۰	۲۶۰	۶۱۵۰
چهارمحال و بختیاری	شهرکرد، هفشجان	۱۷۵	۶۶۸۰	۷۰	۶۶۱۰
	لردگان	۱۵۵	۸۹۴۰	۲۳۰	۸۷۱۰
لرستان	درود، بروجرد	۱۶۵	۱۰۸۹۰	۲۶۰	۱۰۶۳۰
	ازنا	۱۶۵	۹۹۲۰	۱۰۰	۹۸۲۰
	خرم آباد	۱۷۵	۷۵۳۰	۲۱۰	۷۳۲۰
سمنان	شاهرود	۱۸۶	۹۴۷۰	۱۴۰	۹۳۳۰
کرمانشاه	اسلام آباد	۱۹۶	۹۶۵۰	۲۰۰	۹۴۵۰
	صحنه، بیستون	۱۷۵	۹۳۹۰	۱۳۰	۹۲۶۰
	کرمانشاه	۱۷۵	۹۴۴۰	۲۰۰	۹۲۴۰
قزوین	قزوین	۱۷۶	۸۸۵۰	۳۷۰	۸۴۸
مرکزی	زرند، ساوه	۱۷۶	۸۴۷۰	۱۲۰	۸۳۵۰
میانگین		۱۹۵	۸۷۳۷	۲۰۴	۸۳۳۶

* در محاسبه نیاز آبیاری برای آبیاری اولیه (خاک آب) مقداری منظور نشده است، لذا می‌توان با توجه به شرایط خاک ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر به مقدار نیاز خالص آبیاری افزود.

* در محاسبه نیاز آبی برای آبیاری اولیه (خاک آب) مقداری منظور نشده است، لذا می توان باتوجه به شرایط خاک و نوع زراعت ۳۰۰ تا ۵۰۰ مترمکعب در هکتار به نیاز خالص آبیاری افزود.

نیاز آبیاری چغندرقند

همان طور که ذکر شد، نیاز خالص آب مورد نیاز گیاه عبارت از مجموع تعرق از سطح اندام هوایی گیاه و تبخیر از سطح خاک است. دادن دقیق این مقدار آب به مزرعه برای تأمین نیاز آبی گیاه امکان پذیر نیست؛ زیرا مقداری از آب ممکن است به وسیله نفوذ عمقی یا تبخیر از سطح آزاد آب تلف شود. لذا بازدهی استفاده از آب که در واقع رابطه بین حجم واقعی آب مورد استفاده برای تأمین نیاز خالص آب گیاه و حجم آب انتقال داده شده یا برداشت شده از منبع است، هیچ گاه صددرصد نیست.

حداکثر بازدهی آبیاری در روش های مختلف آبیاری با توجه به نحوه کارکردشان برای پخش آب در مزرعه با یکدیگر تفاوت دارند. در جدول ۶ میانگین بازدهی های بالقوه آبیاری برخی از روش های متداول آبیاری زراعت چغندرقند در ایران نشان داده شده است. برای آنکه مقدار آب مورد نیاز آبیاری تعیین شود می باید نیاز خالص آب و بازدهی آبیاری مشخص باشد. به عنوان مثال در صورتی که در مزرعه ای بازدهی آبیاری ۵۵ درصد و نیاز آبی چغندرقند ۸,۸۰۰ مترمکعب در هکتار باشد، مقدار آب مورد نیاز در آبیاری به شرح زیر محاسبه می شود:

(مترمکعب در هکتار) ۱۶۰۰۰ = ۱۰۰ × (۵۵ ÷ ۸۸۰۰)

لذا در مثال فوق می باید مقدار ۷,۲۰۰ مترمکعب آب بیش از نیاز آبی وارد مزرعه شود.

بازدهی کاربرد هرکدام از روش های آبیاری در شرایط مزارع کشاورزان ممکن است کم تر از حداکثر مقدار بازدهی کاربرد ذکرشده در جدول ۶ باشد. بااین حال، هرکدام از موارد طراحی غیراصولی، کیفیت لوازم غیراستاندارد و مدیریت بهره برداری نادرست می تواند باعث کاهش بازدهی کاربرد آب آبیاری در مزرعه شود.

جدول ۶- حدود بازدهی بالقوه کاربرد آب برای روش ها و سیستم های مختلف آبیاری

روش آبیاری	بازدهی کاربرد (درصد)	روش آبیاری	بازدهی کاربرد (درصد)
آبیاری نشتی بدون استفاده مجدد از رواناب (با لوله‌های دریچه‌دار)	۴۰ تا ۷۵	بارانی چرخان (Wheel Move)	۶۰ تا ۸۰
آبیاری نشتی با استفاده مجدد از رواناب (با لوله‌های دریچه‌دار)	۶۰ تا ۸۵	بارانی با سیستم قرقره‌ای (گان)	۵۵ تا ۷۵
آبیاری نواری	۵۰ تا ۸۵	بارانی با سیستم خطی (Linear Move)	۷۰ تا ۹۰
آبیاری کرتی (بزرگ)	۶۰ تا ۸۵	بارانی سیستم دوار مرکزی (سنترپیوت)	۷۵ تا ۹۰
بارانی (سیستم متحرک و ثابت)	۶۰ تا ۸۵	قطره‌ای (به‌طور عام)	۶۰ تا ۹۰

واکنش خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی چغندرقند به کمبود آب

کمبود آب پیش از آنکه به مرگ گیاه منجر شود، باعث تغییراتی در فرایند طبیعی رشد آن می شود. شناخت اثرات کمبود آب بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه می تواند به ما در شناخت علل اثرات تنش بر عملکرد نهایی و احتمالاً کاهش این اثرات کمک کند.

در شرایط کمبود آب، برگ های چغندرقند در معرض تنش گرمایی نیز قرار می گیرند و غالباً مشکل است بین اثرات خشکی و گرمایی تفکیک قائل شد؛ زیرا این دو تنش در هر دو شرایط رخ می دهند. در شرایط تنش خشکی برگ های چغندرقند در اثر کمبود آب حالت خوابیدگی پیدا می کنند، بنابراین سطح مؤثر در

مقابـل نـور خورشـید افزایش می یابـد. همچنین شـرایط کمبود آب باعث بسته شـدن روزنه هـا می شـود و در نتیجـه مقـدار تعـرق در ایـن نـوع برگ هـا کاهـش می یابـد و دمـای بـرگ افزایـش می یابد و اثرات خشـکی و گرمایـی با یکدیگر ترکیب می شـوند و باعـث سـوختگی و در نهایـت خشک شـدن یا مرگ برگ می شـوند (شـکل ۲۷).

شکل ۲۷- اثرات کم آبی در زراعت چغندرقند

بسته شـدن روزنه ها در شـرایط کمبودِ آب مقدار فتوسـنتز را نیز کاهش می دهد و در نتیجـه مقـدار رشـد گیـاه کاهـش می یابـد. لـذا ایـن شـرایط باعـث کاهـش تعداد بـرگ، طـول و عـرض بـرگ، شـاخص سـطح بـرگ و همچنیـن طـول و قطـر دم برگ می شـود. با وجـود کاهـش سـطح برگ، وزن ویـژه آن افزایـش می یابـد. در بین صفات ذکرشـده مربـوط بـه انـدام هوایـی، تعداد و وزن ویـژه بـرگ هم بسـتگی بیش تـری بـا عملکـرد شـکر سـفید در شـرایط متفاوت تنـش رطوبت دارنـد. به عبارت دیگـر، برای پیش بینـی عملکـرد ریشـه و عملکرد شـکر سـفید در شـرایط متفاوت تنـش رطوبتی ایـن دو صفـت می تواننـد مـورد توجه قـرار گیرند.

تأثیر اولیه تنش خشکی بر برگ‌های چغندرقند است و چون برگ‌ها به عنوان منبع تأمین کننده مواد فتوسنتزی برای تولید اندام‌های ذخیره‌ای ریشه و قند هستند، لذا در نهایت تنش خشکی سبب کاهش ظرفیت ذخیره‌ای ریشه نیز می‌شود. در شرایط تنش خشکی همچنین غلظت مواد محلولی همچون پتاسیم، سدیم، آمینواسید، بتائین گلایسین، گلوکز و فروکتوز در ریشه ذخیره‌ای افزایش می‌یابد، که نقش اسمزی را برای سلول‌های ذخیره‌ای ریشه بازی می‌کنند.

باتوجه به کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه، غلظت قند در ریشه ذخیره‌ای کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در شرایط تنش خشکی ریشه نمی‌تواند مسئولیت‌های خود را به عنوان یک اندام ذخیره‌ای و رشدی ایفا کند. گزارش شده است که محدودیت ذخیره شکر در ریشه در شرایط تنش خشکی ناشی از تغییرات ساختمانی حلقه‌های کامبیوم یا سلول‌های ذخیره‌ای ریشه نیست، بلکه محدودیت‌های فیزیولوژیکی ناشی از تجمع یون‌ها و مواد محلول در ریشه ذخیره‌ای چغندرقند علت اصلی محدودیت ذخیره شکر در ریشه است. لذا در مجموع تنش کمبود آب بر اندازه ریشه تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش اندازه بزرگ‌ترین طول و قطر ریشه می‌شود.

به طور کلی تنش کمبود آب باعث کاهش نسبت وزن خشک قسمت هوایی به وزن خشک ریشه می‌شود. تغییرات نسبت وزن خشک هوایی به ریشه در شرایط تنش ملایم نسبت به شرایط بدون تنش کم است؛ ولی در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط بدون تنش زیاد است.

کم آبیاری چغندرقند

کم آبیاری عبارت است از «مصرف عامدانه و عالمانه کم‌تر آب به منظور افزایش تولید در مجموعه اراضی تحت پوشش». به عبارت ساده‌تر می‌توان گفت

کم آبیاری عبارت از «استفاده بیش تر و بهتر از واحد حجم آب» است.

آبیاری کامل به منظور کسب حداکثر محصول از واحد سطح در شرایطی قابل اعمال است که اولاً آب به مقدار کافی در اختیار باشد و ثانیاً امکان توسعه و افزایش سطح زیرکشت وجود نداشته باشد. لذا در شرایطی که مانند شرایط فعلی کشور وضعیت منابع آب بحرانی شده است و چاره‌ای جز کاهش برداشت آب از منابع وجود ندارد، یا اراضی مستعد و قابل احیای زیادی وجود دارند که در صورت رسیدن آب به آن ها امکان افزایش تولید قابل توجهی وجود خواهد داشت، راهکارهایی وجود دارد که با مقدار آب کم تر ولی با مدیریت خاص آبیاری می توان به عملکرد مطلوبی دست پیدا کرد. لذا کم آبیاری یکی از گزینه های پیش روست. هرچند، کم آبیاری در مواردی افزایش کیفیت محصول تولیدی را نیز در پی دارد.

خاک هایی که ظرفیت نگهداری آب بیش تری دارند، شرایط بهتری برای پذیرش کم آبیاری دارند. روش های اعمال کم آبیاری نیز به وسیله کاهش حجم آبیاری نسبت به آبیاری کامل در هر آبیاری، افزایش دور آبیاری یا قطع یک یا چند آب در طول دوره رشد قابل اعمال است. انتخاب هر کدام از گزینه های مذکور به عوامل مختلفی مانند اقلیم، خصوصیات و کیفیت آب و خاک، تنوع گیاه یا مرحله حساسیت گیاه به کم آبی بستگی دارد.

عملکرد چغندرقند در شرایط کم آبیاری

برای رسیدن به حداکثر عملکرد در زراعت چغندرقند، اگرچه در مقایسه با برخی از گیاهان زراعی نیازمند مصرف آب زیادی است، این گیاه در زمره گیاهان زراعی مقاوم به کم آبی محسوب می شود. برای مثال چغندرقند نسبت به سیب زمینی متحمل تر به تنش کم آبی است. همچنین چغندرقند به تنش کم آبی در مقایسه با برخی از گیاهان دانه ای نظیر سورگوم دانه ای و لوبیا حساسیت کم تری دارد.

سه خصوصیت مهم چغندرقند که نقش عمده‌ای در این رابطه دارد و امکان کم‌آبیاری را در زراعت چغندرقند ایجاد کرده است عبارت‌اند از:

۱- طولانی بودن دوره رشد چغندرقند این امکان را فراهم می کند که در صورتی که در مراحلی از رشد امکان آبیاری فراهم نشد، با بهبود وضعیت رطوبتی در ادامه فصل رشد، بتوان بخشی از خسارت را جبران کرد.

۲- در طی دوره زراعت چغندرقند برخلاف بسیاری از گیاهان زراعی دیگر، دوره بحرانی زایشی که بسیار حساس به کمبود آب است، وجود ندارد.

۳- چغندرقند به علت داشتن سیستم ریشه‌ای عمیق قادر به استفاده از ذخایر رطوبتی موجود در اعماق پایین تر است.

کم‌آبیاری طی فصل رشد معمولاً باعث کاهش عملکرد ریشه و قند سفید در زمان برداشت می شود. اما مقادیر این کاهش در مزارع مختلف می تواند تحت تأثیر عوامل متعددی نظیر اختلاف در روش کار، خاک، اقلیم و روابط فیمابین متفاوت باشد. اثرات کم‌آبی طی فصل رشد می تواند علاوه بر کاهش نزولات جوی و افزایش تنش گرمایی با تغییر در دور آبیاری، مقدار آب یا ترکیبی از آن ها ایجاد شود.

در شرایط تنش شوری در محدوده هدایت الکتریکی ۱ تا ۶ دسی زیمنس بر متر اثرات تنش کمبود آب بر عملکرد ریشه بیش از تنش شوری است. لذا توصیه شده است در محدوده شوری ذکرشده با تأمین آب مورد نیاز اثرات کاهش عملکرد کاهش یابد.

باوجود گزارش‌های متفاوت مبنی بر اثرات کمبود آب طی فصل رشد بر خصوصیات کیفی چغندرقند می توان اذعان کرد که در بیش تر موارد افزایش دور آبیاری بر مقدار ناخالصی های ریشه شامل سدیم و پتاسیم ریشه تأثیر معناداری ندارد؛ اما معمولاً مقدار نیتروژن مضر در شرایط تنش بیش از شرایط بدون تنش است. ناخالصی‌های موجود در ریشه چغندرقند بر استحصال قند تأثیر دارند و باعث کاهش آن می شوند.

در ارتباط با اثرات کمبود آب طی فصل رشد بر درصد قند می توان اظهار کرد که درصد قند در ریشه بیش تر تحت تأثیر رطوبت موجود در آن در زمان برداشت است. به عبارت دیگر، در صورتی که به هر دلیلی در زمان برداشت مقادیر درصد رطوبت ریشه هایی که مقادیر مختلف کم آبی را طی فصل رشد تجربه کرده اند، یکسان باشد، انتظار می رود مقادیر درصد قند آن ها تفاوت معناداری با یکدیگر نداشته باشند.

به طور کلی برای کاهش حجم آبیاری در هر دور آبیاری زراعت چغندرقند، مقدار آب را تا حدود ۲۰ درصد نیاز آبی می توان کاهش داد بدون آنکه تأثیر نامطلوبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند داشته باشد. کاهش بیش از ۲۰ درصد نیاز آبی می تواند به تدریج باعث کاهش شدید عملکرد شود. گزارش شده است که کاهش ۲۲ تا ۵۵ درصد آب مورد نیاز می تواند حدود ۱۳ تا ۸۰ درصد عملکرد ریشه و ۱۰ تا ۸۸ درصد عملکرد شکر را در مناطق مختلف تحت تأثیر شرایط متفاوت اقلیمی، خاکی و زراعی کاهش دهد.

برای افزایش دور آبیاری یا قطع آبیاری در مراحلی از رشد چغندرقند لازم است برنامه ریزی آبیاری با توجه به حساسیت مراحل مختلف رشد گیاه به کم آبی تنظیم شود.

حساسیت چغندرقند در مراحل رشد به کمبود آب

حساسیت چغندرقند به کمبود آب در مراحل رشدی مختلف با یکدیگر تفاوت می کند. مراحل رشدی چغندرقند به چهار مرحله شامل مرحله ابتدایی رشد، مرحله توسعه گیاهی، مرحله اواسط فصل رشد و مرحله نهایی رشد تقسیم می شود. در این قسمت مراحل رشدی و حساسیت آن ها به کمبود آب توضیح داده می شود.

مرحله ابتدایی رشد

مرحله ابتدایی رشد چغندرقند از مرحله جوانه زنی تا چهار برگ حقیقی است (یعنی زمانی که برگ ها حدود ۱۰ درصد سطح زمین را می پوشانند). از آنجایی که سطح بذور چغندرقند را لایه چوب پنبه‌ای پوشانده است (شکل ۲۸)، این بذور برای جوانه زنی باید ۱۲۰ تا ۱۵۰ درصد وزن خود آب جذب کنند. این مقدار آب حدوداً به اندازه دو برابر مقدار آبی است که بذور اکثر گیاهان زراعی برای جوانه زنی نیاز دارند. ازاین رو آبیاری مناسب در مرحله ابتدایی رشد چغندرقند برای جوانه زنی و سبزشدن و در نتیجه رسیدن به تراکم مطلوب در مزرعه اهمیت زیادی دارد. در این ارتباط دور آبیاری به فواصل ۵ تا ۷ روز برای جوانه زنی و سبزشدن بذور چغندرقند توصیه شده است.

شکل ۲۸- سطح بذور چغندرقند را لایه چوب پنبه‌ای پوشانده است.

مرحله توسعه گیاهی

مرحله توسعه گیاهی، از انتهای مرحله ابتدایی تا زمانی را شامل می شود که گیاه به حداکثر رشد برگی رسیده است (برگ ها حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد

سطح زمین را می پوشاند) که حدوداً مصادف با اواسط خرداد در کشت زودهنگام (فروردین) است (شکل ۲۹). در این مرحله به دلیل کوچک بودن بوته ها و همچنین کم بودن درجه حرارت در این زمان و وجود بارندگی های بهاره و در نتیجه کمبود مقدار تبخیر و تعرق و تأمین مقداری از نیاز آبی چغندرقند توسط بارندگی های بهاره می توان کم آبیاری کرد. لذا چغندرقند در این مرحله رشدی به کم آبیاری مقاوم است. قطع آبیاری در این مرحله تا حدود ۵۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A یا تخلیه رطوبتی تا میزان حدود ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک می تواند تأثیر معناداری بر عملکرد ریشه و قند نداشته باشد. همچنین، قطع آبیاری در این مرحله رشدی به مدت ۴۵ تا ۵۰ روز عملکرد ریشه و قند را به طور میانگین در مناطق مختلف می تواند حدود ۲۴ و ۱۱ درصد کاهش دهد. از طرف دیگر قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به میزان ۹۰ درصد در این مرحله رشدی، ضمن صرفه جویی به میزان حدود ۷ تا ۸ درصد به طور میانگین ۱۵ و ۴ درصد به ترتیب عملکرد ریشه و قند را کاهش داد.

شکل ۲۹- مرحله توسعه گیاهی در چغندرقند

کم آبیاری یا قطع محدود آب در اوایل فصل به ویژه به دلیل کمبود منابع آب و هم زمانی آب های آخر فصل غلات با آب های اول فصل رشد چغندرقند در مواردی اجتناب ناپذیر است. لذا در صورتی که در منطقه ای محدودیت آب در اول فصل رشد وجود دارد و کشت گندم یا جو به صورت پاییزه و چغندرقند به صورت بهاره انجام شود، می توان چغندرقند را در اولین فرصت در اواخر زمستان یا اوایل بهار کشت کرد. سپس برای جوانه زنی، سبزکردن و استقرار آن دو تا سه نوبت آبیاری کرد. آنگاه پس از استقرار، آب آبیاری را تا حداکثر زمان لازم برای آخرین آبیاری غلات از زراعت چغندرقند (حداکثر حدود ۵۰ روز) قطع کرد. البته در این شرایط، با توجه به اعمال تنش خشکی، می باید انتظار داشت عملکرد محصول بسته به تاریخ کاشت، شرایط آب و هوایی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مقدار رطوبت ذخیره شده در خاک در زمان قطع آبیاری، مدت قطع آبیاری و شرایط مهیاشده برای زراعت چغندرقند بعد از مرحله تنش، نسبت به کشت زودهنگام و عدم قطع آب آبیاری کاهش یابد. اما به هرحال مقدار این کاهش بسیار کم تر از اعمال تنش در مراحل حساس رشد است و صرفه جویی در مصرف آب در این مرحله توجیه اقتصادی دارد.

مرحله اواسط فصل رشد

این مرحله از زمان پوشش کامل تا شروع رسیدگی را شامل می شود که حدوداً از اوایل تیر تا اوایل شهریور است (شکل ۳۰). به دلیل بالابودن سطح برگ و حجیم شدن رشد ریشه در این مرحله رشدی و هم زمان شدن آن با بیش ترین مقدار تبخیر و تعرق روزانه طی فصل رشد، چغندرقند بیش ترین نیاز آبی را دارد. قطع آبیاری یا کاهش آن در این مرحله باعث کاهش شدید عملکرد قند می شود. در یک تحقیق معلوم شده است که کاهش فقط ۱۵ درصد نیاز آبی گیاه در این مرحله می تواند عملکرد ریشه و قند را به ترتیب ۸ و ۱۱/۵ درصد

کاهش دهد. همچنین تحقیقات نشان داده است که تنظیم دور آبیاری در این مرحله رشدی بر اساس تخلیه رطوبت قابل دسترس ۷۰ تا ۷۵ و ۹۰ تا ۹۵ درصد خاک به ترتیب حدوداً ۱۷ و ۲۵ درصد عملکرد ریشه و ۴ و ۲۴ درصد عملکرد قند را می تواند کاهش دهد. ازاین رو باتوجه به حساسیت بالای چغندرقند در این مرحله رشدی توصیه می شود برنامه آبیاری به گونه ای تنظیم شود که مرحله میانی رشد چغندرقند بدون تنش آبی طی شود.

شکل ۳۰- مرحله اواسط فصل رشد چغندرقند

مرحله نهایی رشد

مرحله نهایی رشد چغندرقند از انتهای مرحله میانی تا پایان زمان رسیدگی تکنولوژیکی (زمان برداشت محصول) است. شروع مرحله نهایی در کشت بهاره چغندرقند حدوداً از اوایل شهریور است. در این زمان معمولاً به دلیل کاهش دما (خصوصاً در شب ها)، مقدار تبخیر و تعرق تقلیل می یابد و ازاین رو می توان زراعت چغندرقند را کم آبیاری کرد. در این شرایط می توان با اعمال تنش خشکی

در زمـان مناسـب در اواخـر فصـل رشـد بـا کنتـرل مناسـب رشـد اندام های هوایـی، باعـث افزایـش درصـد قنـد و در نتیجـه افزایـش عملکـرد قنـد در هکتـار یـا فقـدان اختـلاف معنـادار عملکـرد قنـد در مقایسـه با شـرایط بدون تنش شـد. زمان مناسـب قطـع آبیـاری آخـر فصـل رشـد تحـت تأثیـر عوامـل متعـددی از قبیـل شـرایط آب و هوایـی منطقـه، بافـت خـاک، مقـدار ماده آلی خـاک و ذخایـر رطوبتی خـاک در زمان قطـع آبیـاری اسـت. بنابرایـن، می توان بـا درنظرگرفتـن حداقل رطوبت مناسـب برای برداشـت چغندرقنـد، از ۲۰ تا ۳۰ روز قبل از برداشـت از آبیـاری چغندرقند صرف نظر کـرد. البتـه بایـد توجـه داشـت کـه افزایـش زیـاد مـدت قطـع آبیـاری ممکـن اسـت عملکـرد قنـد را به شـدت کاهـش دهـد. اگـر در انتهـای دوره رشـد زودتـر از معمـول آبیاری قطع شـود، ممکن اسـت شـرایط مناسـب بـرای برداشـت چغندرقنـد، به دلیل قطـع آبیـاری و خشک شـدن زیـاد خـاک فراهـم نباشـد. در ایـن شـرایط، می تـوان قبـل از برداشـت آبیـاری سـبک انجـام داد و بلافاصلـه بعـد از رسـیدن خـاک بـه حد گاورو شـدن اقـدام به برداشـت کرد.

دور و زمان آبیاری

مـدت زمانـی کـه در آبیاریِ سـطحی آب آبیـاری وارد کرت، نوار یا شـیار می شـود یـا در آبیـاری بارانـی، آب بـه روی خـاک و گیاه بـارش می کند یا در آبیـاری قطره ای، آب از نازل هـا بـه روی سـطح یـا زیر خـاک می ریزد، زمـان آبیاری گفته می شـود. فاصلـه بیـن دو آبیاری در هرکـدام از روش های آبیاری را نیـز دور آبیاری می گویند.

دور آبیـاری در روش های آبیاری سـطحی معمولاً طولانی اسـت و بسـته به قابلیت نگهـداری آب در خاک، عمق توسـعه ریشـه گیاه، شـرایط آب و هوایـی، میانگین درجه حـرارت شـبانه روز، رطوبـت نسـبی محیـط و مرحلـه رشـدِ گیـاه متفـاوت اسـت؛ ولی چـون معمـولاً آب آبیـاری به صورت حجمـی در اختیـار بهره برداران نیسـت و بیش تر به صـورت حقابـه اسـت، معمـولاً دور آبیاری در تمام فصل رشـد گیاه یکسـان اسـت و

فقـط ممکن اسـت کشـاورز زمان آبیاری را متناسـب با مرحله رشـدی و نیـاز آبی گیاه تغییـر دهـد. البتـه تغییـر زمـان آبیاری هـم در ایـن روش آبیـاری در مـواردی ممکن اسـت نتیجـه مطلوبـی نداشـته باشـد. به عنـوان مثـال اگـر زمان آبیـاری کوتاه باشـد، ممکـن اسـت ابتـدای شـیار، کـرت یا نـوار به حد کافـی آب دریافـت کرده باشـد، ولی انتهـای آن دچـار کم آبـی باشـد. همچنیـن اگـر مـدت زمـان آبیـاری طولانی شـود تا آب بـه حـد کفایـت در انتهای شـیار، کـرت یا نـوار دریافت شـود، ممکن اسـت مقدار زیـادی از آب به صـورت نفـوذ عمقی تلف شـود.

در آبیـاری قطـره ای چـون آب خروجـی از قطره چکان هـا در تمـام قطعـه مـورد آبیـاری در نزدیـک ریشـه گیاه می ریـزد، امکان انجـام آبیاری در فواصـل کوتاه و زمان آبیـاری کـم و بـا یکنواختـی توزیع مناسـب در مزرعه وجـود دارد.

امـکان کم کـردن زمان آبیاری یا کوتاه کردن دور آن در آبیاری بارانی بیش تر از آبیاری سـطحی میسـر اسـت. هرچند، بین سیسـتم های آبیاری بارانـی نیز تفاوت وجـود دارد. به طـور مثـال در سیسـتم های آبیـاری بارانـی بـا لوله هـای جابه جا شـونده (اصطـلاح رایج کلاسـیک) و دسـتگاه های آبیـاری بارانی غلطکـی (رول لاین) به علـت زمان بربودن جابه جایـی محـل اسـتقرار بالـه آبیـاری، شـرایط لازم بـرای آبیـاری بـا دور و عمق آب بسـیار کـم بسـیار مشکل است؛ ولی در دسـتگاه هایی مانند سـنترپیوت (عقربـه ای) یا لینیـر (آب فشـان خطـی) امـکان انجـام آبیاری بـا دور و عمق آب کم میسـر اسـت. در سیسـتم های مذکـور معمـولاً کشـاورزان هم زمان با رشـد گیاه و عمیق ترشـدن ریشـه گیـاه، سـرعت حرکـت دسـتگاه را کـم می کننـد کـه بـه افزایـش عمـق آب آبیـاری و افزایـش دور آبیـاری منجر می شـود.

به طـور کلـی مقـدار آبـی کـه بایـد در هـر نوبـت به زمیـن داده شـود، بـه رطوبت خـاک مزرعـه قبـل از آبیـاری و عمـق توسـعه ریشـه بسـتگی دارد کـه از فرمـول زیر قابل محاسـبه اسـت:

$$IRRI=\frac{Drz(fc-\Theta)}{Ei}$$

که در آن Θ رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری، f_c درصد رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی، D_{rz} عمق توسعه ریشه ها (سانتی متر)، Ei بازدهی آبیاری و IRRI مقدار آبی است که در هر آبیاری باید به زمین داده شود.

به طور مثال در مزرعه‌ای عمق توسعه ریشه ها ۵۰ سانتی متر و رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری و رطوبت ظرفیت زراعی آن به ترتیب معادل ۲۱ و ۳۲ درصد بوده است. اگر بازدهی آبیاری ۶۰ درصد باشد، در هر آبیاری باید چقدر آب به مزرعه داده شود؟

عمق آب آبیاری (سانتی متر) ۹/۱= ۶۰÷ (۲۱-۳۲)× ۵۰

مقدار آب آبیاری در هکتار (مترمکعب) ۹۱۰= ۱۰۰× ۹/۱

کشاورزان ممکن است به روش های مختلف دور آبیاری را اعمال کنند. در اینجا سه روش کاربردی که می تواند در زراعت چغندرقند کاربرد داشته باشد، توضیح داده شده است.

تنظیم دور آبیاری چغندرقند بر اساس تعداد روز

بسیاری از کشاورزان در بسیاری موارد به طور سنتی دور آبیاری را بر اساس تعداد روز بین دو مرحله حقابه شان تعیین می کنند. این امر خصوصاً در مواردی که چندین کشاورز سهم آب مشترک از یک چاه آب دارند و مجبور به استفاده از آن به طور قراردادی و در زمان های مشخصی هستند، ناگزیر است. در این شرایط معمولاً کشاورزان بدون توجه به شرایط آب و هوایی در روزهای مشخصی آب را به سمت مزرعه هدایت می کنند. در صورتی که دور آبیاری بر اساس تعداد روز تنظیم شود معمولاً با توجه به بافت خاک اختلاف زیادی در عملکرد در محدوده دور آبیاری ۵ تا ۱۱ روز مشاهده نمی شود. در خاک های سبک، فواصل آبیاری

کوتاه تـر و در خاک هـای سـنگین فواصـل آبیـاری طولانـی در نظـر گرفته می شـود. بـر اسـاس تحقیقـات اگـر دور آبیـاری بیـش از ۱۱ روز باشـد، بـا افزایـش آن به تدریج عملکـرد کاهـش می یابد. بیش ترین گـزارش از کاهش عملکرد موجـود در دور آبیاری ۱۸ روز اسـت. در این شـرایط باوجود صرفه جویی حدود ۴۲ درصد آب نسـبت به دور آبیـاری ۹ روز، عملکـرد ریشـه و قنـد به شـدت کاهـش می یابـد و به ترتیـب می توانـد به کاهشـی حـدود ۳۷ و ۳۵ درصد برسـد.

توصیـه می شـود در شـرایطی کـه دور آبیـاری بـر اسـاس روز تعیین می شـود، در شـرایط نبـودِ بارندگـی مؤثر بـرای حصول بـه حداکثر عملکـرد دور آبیـاری بیش تر از ۱۱ روز نباشـد. در شـرایط محدودیـت آب و ناتوانـی از آبیاری در زمان تعیین شـده در اوایـل فصـل و همچنیـن اواخـر فصل رشـد به دلیل نسـبتاً سـردبودن هـوا و همچنین امکان وجـود بارندگـی می تـوان تـا حـدی دور آبیـاری را افزایش داد.

در روش آبیـاری قطـره ای نواری برای اسـتفاده مطلوب از منابـع آب در طول فصل رشـد توصیه شـده اسـت از مرحلـه ابتدایی رشـد، دور آبیـاری ۲ روز، از شـروع مرحله توسـعه گیاهـی تـا پایان اواسـط فصل رشـد ۳ روز، و در مرحله نهایی رشـد دور آبیاری بـه ۴ تـا ۵ روز افزایـش یابد. همچنین حدود ۱۰ روز قبل از برداشـت ریشـه ها، آبیاری قطـع شـود و نوارهای آبیاری از سـطح مزرعه جمع آوری شـوند.

تنظیم دور آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک

مقـدار رطوبـت خـاک نشـانگر مقـدار آب (برحسـب میلی متـر) موجـود در هـر یـک متـر عمـق خـاک اسـت. به طـور مثـال هـرگاه اعلام شـود کـه مقـدار آب خاکی ۱۵۰ میلی متـر اسـت، مفهومـش ایـن اسـت کـه در هر یـک متـر عمق خـاک، مقدار ۱۵۰ میلی متـر آب وجـود دارد.

مقـدار رطوبـت خـاک به صـورت درصـد در حجـم خـاک نیـز بیـان می شـود. هـر ۱۰۰ میلی متـر آب در یـک متـر عمـق خـاک، برابـر ۱۰ درصـد حجمـی اسـت. لـذا

در مثال فوق رطوبت خاک ۱۵ درصد است. یعنی در هر ۱۰۰ مترمکعب خاک، ۱۵ مترمکعب آب وجود دارد. البته باید توجه داشت که مقدار آب ذخیره شده در خاک هیچ گاه ثابت نیست و درحال تغییر است.

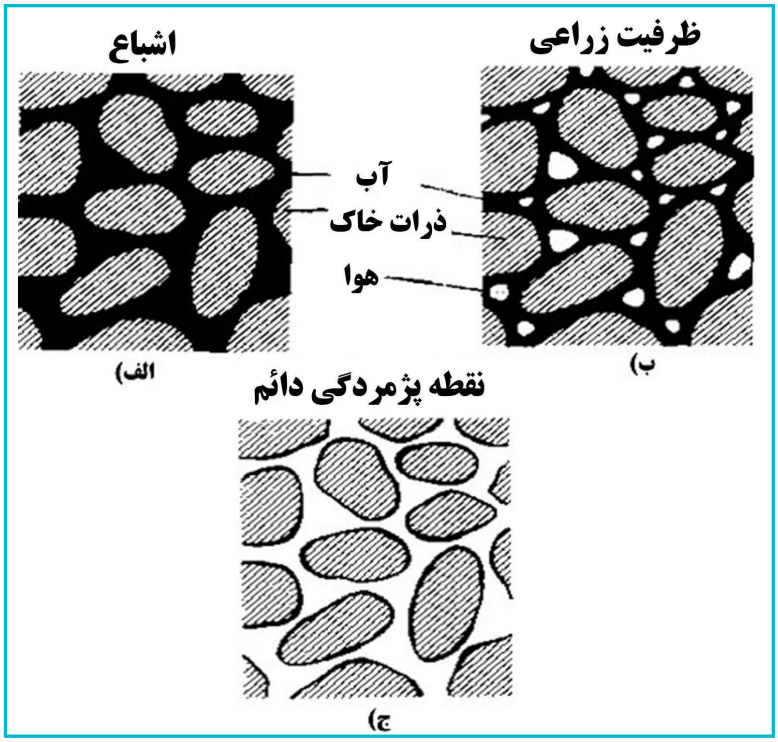
در طی بارندگی شدید یا آبیاری، اگر همه منافذ موجود در خاک با آب پر شود و هیچ هوایی در این منافذ وجود نداشته باشد، در این صورت این خاک اشباع نامیده می شود (شکل ۳۱ الف). برای تشخیص خاک اشباع کافی است خاک در مشت فشار داده شود؛ اگر مقداری آب گل آلود از آن خارج شود، آن خاک اشباع است.

گیاهان در خاک به هوا و آب نیازمند هستند. لذا گیاهان در بیش تر موارد قادر به تحمل خاک های اشباع بیش از ۲ تا ۵ روز نیستند. خوشبختانه در بیش تر موارد، پس از بارندگی شدید یا آبیاری، دوره اشباع سطح بالای خاک خیلی طولانی نیست و بخشی از آب موجود در منافذ بزرگ ترِ خاک به سمت پایین تر منتقل می شود و هوا جایگزین آن می شود. این مرحله زهکشی یا نفوذ عمودی آب است. در خاک های با بافت سبک (شنی) این مرحله ممکن است چند ساعت و در خاک های سنگین (رسی) چند روز (۲ تا ۳ روز) به طول بینجامد.

پس از آنکه نفوذ عمودی آب یا زهاب متوقف شد، منافذ بزرگ خاک به وسیله هوا و همچنین آب پر می شوند، در حالی که منافذ کوچک تر تنها به وسیله آب پر شده‌اند. در این مرحله خاک در حالت ظرفیت زراعی است. در ظرفیت زراعی مقدار آب و هوای موجود در خاک برای رشد گیاه ایدئال است (شکل ۳۱ ب).

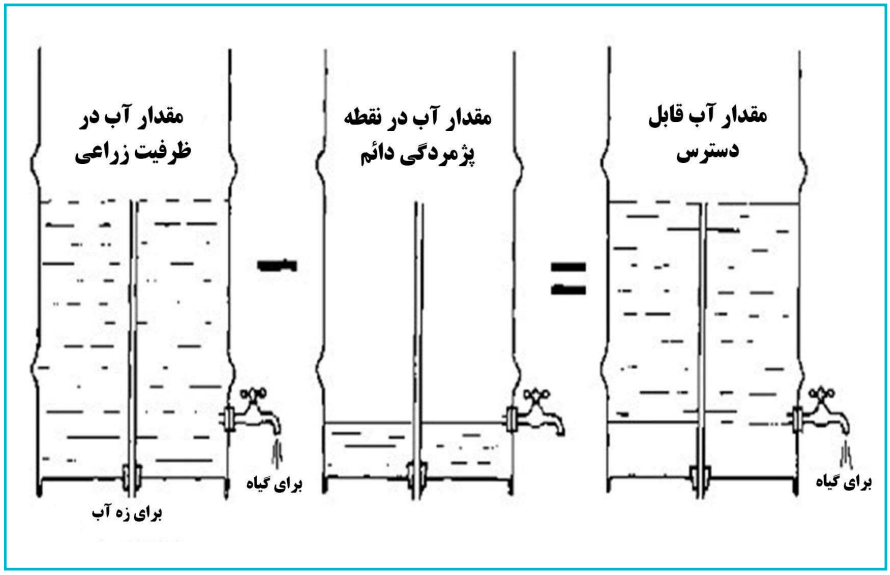
پس از رسیدن به مرحله ظرفیت زراعی، آب ذخیره شده به تدریج به وسیله ریشه گیاه یا تبخیر از لایه بالایی خاک به طرف اتمسفر حرکت می کند و اگر آبی به خاک اضافه نشود، خاک خشک تر می شود. هرچه خاک خشک تر شود، ذرات باقی مانده آب با قدرت بیش تری به خاک می چسبند و جذب آن به وسیله گیاه سخت تر می شود و در یک مرحله خاص، مقدار آب جذب شده جواب گوی نیاز گیاه نیست. لذا گیاه شادابی خود را از دست می دهد و پژمرده می شود و

بالاخره از بین می رود. مقدار آب خاک در مرحله ای که گیاه از بین می رود، نقطه پژمردگی دائم نامیده می شود. در این حالت منافذ بسیار کوچک خاک هنوز مقداری آب دارد، اما گیاه دیگر قادر به جذب آن نیست (شکل ۳۱ ج).



شکل ۳۱- مشخصات خاک در شرایط مختلف رطوبتی

با توجه به توضیحات ارائه شده تمام آبی که از طریق آبیاری یا بارندگی وارد خاک می شود، برای گیاه قابل استفاده نیست و تنها مقدار رطوبتی که در حد فاصل ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است می تواند توسط گیاه استفاده شود. لذا مقدار آب قابل استفاده گیاه یا مقدار آب در دسترس گیاه از طریق اختلاف مقدار آب ذخیره شده در خاک در شرایط ظرفیت زراعی با مقدار آب در نقطه پژمردگی دائم قابل محاسبه است (شکل ۳۲).



شکل ۳۲- شماتیک برآورد مقدار آب یا رطوبت قابل دسترس گیاه

مقدار آب در دسترس تا حد زیادی به بافت خاک و ساختمان آن بستگی دارد. محدوده مقدار آن برای انواع خاک ها در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- محدوده مقادیر مختلف رطوبت در بافت های مختلف خاک

بافت خاک	مقدار رطوبت آب قابل دسترس (میلی متر در هر متر عمق خاک)
شن	۲۵ تا ۱۰۰
لوم	۱۰۰ تا ۱۷۵
رس	۱۷۵ تا ۲۵۰

معمولاً دور آبیاری های تا تخلیه حدود ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک عملکرد کمی و کیفی چغندرقند تحت تأثیر قرار نمی گیرد؛ اما در صورتی که مقدار

رطوبت خاک بیش از این مقدار کاهش یابد، عملکرد چغندرقند کاهش می یابد. با توجه به تحقیقات انجام شده میزان کاهش محصول ریشه و شکر در تخلیه رطوبتی ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک می تواند به ترتیب در حدود ۲۹ و ۳۷ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یابد.

در شرایطی که امکان اندازه گیری خاک در مزرعه مهیاست، استفاده از این روش برای تعیین زمان آبیاری به علت دقت بالای آن بسیار مناسب است. امروزه سنسورهای رطوبتی که رطوبت خاک را به صورت حجمی نشان می دهند، می تواند بسیار کاربردی باشد.

تنظیم دور آبیاری بر اساس تشتک تبخیر

برای تعیین زمان مناسب آبیاری می توان از تشتک تبخیر استفاده کرد (شکل ۳۳). تنظیم دور آبیاری بر اساس تشتک تبخیر، روشی نسبتاً کاربردی و مناسب است. اساس تعیین دور آبیاری با استفاده از تشتک بر پایه میزان تبخیر از آن است.

تشتک تبخیر استاندارد از فولاد ضدزنگ (استنلس استیل) و در اندازه های مختلف ساخته می شود. ارتفاع تشتک تبخیر کلاس A، ۵۴ و قطر آن ۱,۲۰۶ میلی متر است. تشتک تبخیر را روی یک پایه چوبی و در سطح زمین قرار می دهند. باید توجه داشت که حتماً قبل از استفاده از تشتک از ترازبودن آن روی سطح زمین اطمینان حاصل کرد. در محل قرارگیری تشتک نباید هیچ گونه مانعی (نظیر شاخ و برگ و درخت) برای جریان طبیعی هوا وجود داشته باشد. به عبارت دیگر آب موجود در داخل تشتک باید نماینده آب آزاد در فضای باز در آن مکان باشد.

شکل ۳۳- تشتک تبخیر کلاس A

میـزان تبخیـر از تشـتک و همچنیـن میـزان بـارش جمع شـده در داخـل تشـتک به صـورت روزانـه اندازه گیـری می شـود. مقـدار تبخیـر از تشـتک تابع درجـه حرارت هـوا، بـاد و همچنیـن دیگـر شـرایط محیطـی اسـت. بـا اندازه گیـری مقـدار تبخیر از تشـتک در واقـع اثـرات ترکیبـی درجـه حـرارت، رطوبت، سـرعت بـاد و تابـش آفتاب بـر تبخیـر و تعـرق ایجادشـده در گیـاه مرجـع (چمـن) اندازه گیـری می شـود. بـرای اندازه گیـری دقیـق مقـدار تبخیـر لازم اسـت مـوارد زیـر رعایت شـود:

- تشتک در مزرعه نصب شود.
- هر ۲۴ ساعت یک بار ارتفاع آب اندازه گیری شود.
- در زمان اضافه کردن آب کاهش یافته (به دلیل تبخیر از تشتک) در زمان تعیین شده (هر ۲۴ ساعت یک بار) دقت شود که ارتفاع آن می باید به ابتدای زمان اندازه گیری برسد. همچنین در صورت اضافه شدن آب به تشتک (به دلیل بارندگی) می باید آب اضافه شده تخلیه شود. به عبارت دیگر ارتفاع آب در شروع هر دوره اندازه گیری باید ثابت باشد.

✦ مقدار تبخیر در واحد زمان (اختلاف بین دو عمق ارتفاع آب) (میلی‌متر در ۲۴ ساعت) ثبت شود.

برای محاسبه مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در ۲۴ ساعت) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

مقدار تبخیر و تعرق = مقدار آب تبخیرشده × ضریب تشتک

علت ضرب کردن ضریب تشتک (Kpan) در مقدار آب تبخیرشده از تشتک آن است که مقدار تبخیر از سطح آزاد آب در تشتک با مقدار تبخیر و تعرق از گیاه مرجع (چمن) یکسان نیست. بنابراین ضریب تشتک باعث می‌شود تا این دو به یکدیگر نزدیک شوند.

ضریب تشتک تحت تأثیر عوامل زیر است:

۱- نوع تشتک مورد استفاده؛

۲- زمینی که تشتک روی آن قرار گرفته است (زمین کشت شده یا کشت نشده (آیش))؛

۳- درصد رطوبت و سرعت باد.

برای تشتک تبخیر کلاس A، ضریب تشتک بین ۰/۳۵ و ۰/۸۵ است. لذا میانگین آن ۰/۷ است. موارد زیر باعث افزایش مقدار ضریب تشتک می‌شود:

۱- در شرایطی که تشتک در زمین کشت نشده (آیش) قرار بگیرد؛

۲- رطوبت هوا زیاد باشد (مرطوب باشد)؛

۳- سرعت باد کم باشد.

موارد زیر نیز باعث کاهش ضریب تشتک می‌شود:

۱- در شرایطی که تشتک در زمین کشت شده قرار بگیرد؛

۲- رطوبت هوا کم باشد (خشک باشد)؛

۳- سرعت باد زیاد باشد.

در شرایطی که مقدار رطوبت هوا و سرعت باد اندازه گیری نشده باشد، توصیه شده است که از مقدار میانگین (۰/۷) برای ضریب تشتک استفاده شود. اما برای دقت بیش تر می توان برای تعیین مقدار ضریب تشتک از جدول ۸ (فقط برای تشتک کلاس (A استفاده کرد.

جدول ۸- مقدار ضریب تشتک (Kpan) کلاس A

تشتک کلاس A	حالت اول: تشتک در سطح مزرعه قرار گرفته است				حالت دوم: تشتک در سطح زمین آیش قرار گرفته است			
میانگین رطوبت نسبی RH (درصد)		کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)		کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)
سرعت باد (متر بر ثانیه)	فاصله تشتک از زمین کاشته شده (متر)				فاصله تشتک از زمین آیش (متر)			
کم کم تر از ۲	۱	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵	۱	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۸۵
	۱۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۵	۱۰	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۸۰
	۱۰۰	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۸۵	۱۰۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵
	۱۰۰۰	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۱۰۰۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۷۰

ادامه جدول ۸- مقدار ضریب تشتک (Kpan) کلاس A

تشتک کلاس A	حالت اول: تشتک در سطح مزرعه قرار گرفته است				حالت دوم: تشتک در سطح زمین آیش قرار گرفته است			
میانگین رطوبت نسبی RH (درصد)		کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)		کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)
سرعت باد (متر بر ثانیه)	فاصله تشتک از زمین کاشته شده (متر)				فاصله تشتک از زمین آیش (متر)			
متوسط بین ۲ تا ۵	۱	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۵	۱	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۰
	۱۰	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۷۵	۱۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۰
	۱۰۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۰	۱۰۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۵
	۱۰۰۰	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۱۰۰۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶۰
شدید بین ۵ تا ۸	۱	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۶۰	۱	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۷۰
	۱۰	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۶۵	۱۰	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۶۵
	۱۰۰	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۷۰	۱۰۰	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۶۰
	۱۰۰۰	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۷۵	۱۰۰۰	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۵۵

ادامه جدول ۸- مقدار ضریب تشتک (Kpan) کلاس A

تشتک کلاس A	حالت اول: تشتک در سطح مزرعه قرار گرفته است				حالت دوم: تشتک در سطح زمین آیش قرار گرفته است			
میانگین رطوبت نسبی RH (درصد)		کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)		کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)
سرعت باد (متر بر ثانیه)	فاصله تشتک از زمین کاشته شده (متر)				فاصله تشتک از زمین آیش (متر)			
خیلی شدید بیش از ۸	۱	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۵۰	۱	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۵
	۱۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶۰	۱۰	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۵۵
	۱۰۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۵	۱۰۰	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۵۰
	۱۰۰۰	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۶۵	۱۰۰۰	۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۴۵

در ادامه برای تفهیم بیش تر یک مثال آمده است.

محاسبه مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن) با مفروضات ذکرشده در اینجا به شرح زیر است:

نوع تشتک: تشتک تبخیر و تعرق کلاس A

ارتفاع آب در تشتک در روز اول: ۱۵۰ میلی متر

ارتفاع آب در تشتک در روز دوم: ۱۴۴ میلی متر (بعد از ۲۴ ساعت)

مقدار بارندگی (طی ۲۴ ساعت): ۰ میلی متر

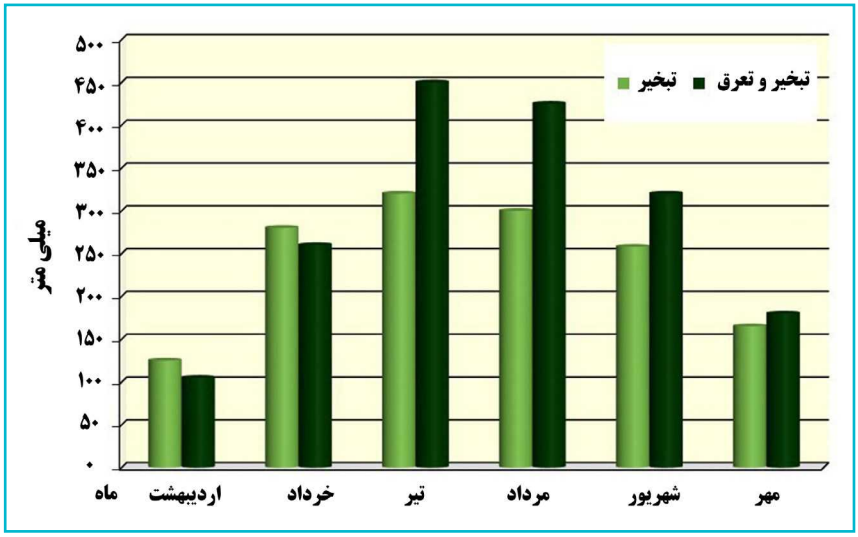
ضریب تشتک: ۰/۷۵

محاسبه مقدار تبخیر: میلی متر در روز ۶=۱۴۴-۱۵۰

تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن): میلی متر در روز ۴/۵ = ۶× ۰/۷۵

برای سهولت در کاربرد تشتک تبخیر در تعیین زمان آبیاری می توان بدون انجام محاسبات مستقیماً بر اساس مقدار تبخیر از تشتک باتوجه به تحقیقات انجام شده نیز زمان آبیاری را تعیین کرد. اما باید توجه داشت مقدار تبخیر از تشتک کلاس A در طول فصل رشد با نیاز گیاه صدرصد منطبق نیست و لازم است در این ارتباط ملاحظاتی به عمل آید.

شکل ۳۴ رابطه مقدار تبخیر و تعرق گیاه با تبخیر از تشتک کلاس A را در آزمایشی در ایستگاه کهریز ارومیه نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود مقدار تبخیر و تعرق در برخی از ماه های گرم فصل رشد، خصوصاً در تیر و مرداد، نسبتاً خیلی بیش تر از مقدار تبخیر از تشتک کلاس A است. لذا برای جلوگیری از ایجاد هرگونه تنشی در چغندرقند توصیه شده است که در این ماه ها نسبت به ماه های خنک تر فصل رویش، تا حد امکان، فواصل آبیاری قدری نزدیک تر در نظر گرفته شود.



شکل ۳۴- رابطه تبخیر با تبخیر از تشتک و تعرق چغندرقند طی فصل رشد

عملکرد چغندرقند معمولاً در شرایط آبیاری نشتی، در آبیاری‌های با دور بیش از ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A کاهش می یابد. آبیاری پس از ۱۳۰ تا ۲۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A می تواند عملکرد ریشه را از ۱۶ تا ۴۸ درصد و عملکرد شکر سفید را از ۱۳ تا ۴۷ درصد نسبت به آبیاری بعد از ۸۰ میلی متر تبخیر کاهش دهد. گزارش شده است که در شرایط دور آبیاری بر مبنای ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A، بیش ترین سود ناخالص هر واحد آب در مزرعه (ریال بر مترمکعب) را نصیب کشاورز می کند. لذا در صورت محدودیت آب می توان تا ۱۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A دور آبیاری را به تأخیر انداخت. در این شرایط ممکن است تا حدی عملکرد نسبت به دور آبیاری بعد از ۸۰ میلی متر کاهش یابد، اما به دلیل صرفه جویی در مصرف آب، بیش ترین سود ناخالص نصیب کشاورز می شود.

در شرایط آبیاری تیپ در دور آبیاری بر اساس ۳۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A، با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در زمان آبیاری، بیش ترین عملکرد ریشه و قند حاصل می شود. درصد کاهش عملکرد ریشه در دور آبیاری بر اساس ۸۰،

۱۲۰ و ۱۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A به همراه تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در هر مرحله به ترتیب می تواند حدود ۱۵، ۱۵ و ۱۶ درصد، و درصد کاهش عملکرد قند حدود ۱۴، ۱۴ و ۲۰ نسبت به شرایط مطلوب باشد.

در دور آبیاری بر اساس ۳۰ میلی متر تبخیر و تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی نیز در مقایسه با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در هر مرحله از آبیاری، عملکرد ریشه به ترتیب حدود ۸ و ۲۳ درصد و عملکرد قند به ترتیب حدود ۱۲ و ۲۵ درصد ممکن است کاهش یابد. لذا کم ترین میزان خسارت عملکرد ریشه و قند در شرایط دور آبیاری بر مبنای ۳۰ میلی متر تبخیر و تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی در شرایط آبیاری تیپ رخ می دهد. لذا در شرایط آبیاری قطره ای نواری (نیپ) نیز برای صرفه جویی در مصرف آب و درعین حال کم ترین کاهش عملکرد توصیه شده است که دور آبیاری بر مبنای ۳۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A و تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی استفاده شود.

باتوجه به مطالب ارائه شده در جدول ۹ دور آبیاری در مراحل مختلف رشد نشان داده شده است.

جدول ۹- زمان مناسب آبیاری چغندرقند در مراحل مختلف رشد در روش آبیاری شیاری

		دور آبیاری بر اساس		
مراحل رشد		بر اساس تعداد روز	بر اساس تبخیر از تشتک کلاس A	تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک
	جوانه زنی و سبز کردن	دو نوبت آبیاری به فواصل ۳ تا ۵ روز بلافاصله پس از کاشت انجام شود.		
	پس از سبز کردن	در محدوده ۵ تا ۱۱ روز باتوجه‌به بافت خاک می‌تواند تنظیم شود. در خاک‌های سبک کوتاه‌تر و در خاک‌های سنگین‌تر طولانی‌تر است.	در محدوده ۸۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر با توجه به بافت خاک و زمان تنظیم شود. در ماه‌های تیر و مرداد کوتاهتر و در ماه‌های دیگر می‌توان طولانی‌تر در نظر گرفت.	در حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد تنظیم شود.
	زمان رسیدگی	یک مرحله آبیاری قبل از برداشت می تواند حذف شود.		

آبیاری هوشمند

همان طور که اشاره شد، در هر روش آبیاری تعیین زمان آبیاری مزارع از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بی اطلاعی کشاورزان از زمان آبیاری و مقدار آب مورد نیاز مزرعه باعث می شود گیاه یا دچار کم آبی شود یا اینکه آبی بیش تر از مقدار مورد نیاز به مزرعه داده شود. فناوری های جدید در زمینه ساخت سنسورها، رایانه‌ها، تلفن های هوشمند همراه، ادوات و ماشین آلات کشاورزی مجهز به سیستم های رایانه ای و اینترنت اشیا جایگاه ویژه ای در کشاورزی و به تبع

روش های آبیاری کشورهای پیشرفته پیدا کرده است (شکل ۳۵) و واحد آبیاری از هکتار به بوته یا درخت تغییر یافته است. به عبارتی در کشاورزی هوشمند کشاورز قادر است سم یا کود مورد نیاز قسمت های مختلف مزرعه را شناسایی کند و دقیقاً به همان مقدار لازم کود یا سم را در مناطق مورد نیاز پخش کند. در آبیاری نیز کشاورز قادر خواهد بود دقیقاً مقدار آب مورد نیاز قطعات یا درختان را برای رشد گیاه اعمال کند. کشاورزی دقیق در زراعت در همه روش های آبیاری قابل اجراست، ولی آبیاری هوشمند بیش تر در سیستم های آبیاری تحت فشار اجرایی شده است. به دلیل اینکه آبیاری هوشمند در ایران در مراحل آغازین است، در ادامه صرفاً به بحث آشنایی با آن پرداخته شده است.

ضرورت استفاده از سیستم آبیاری هوشمند

با توجه به مسئله کمبود آب در کشور ایران و خشک سالی، برای مدیریت آب نیازمند سیاست گذاری در راستای استفاده درست و بهتر از آب هستیم. سیستم آبیاری هوشمند راهی مناسب برای استفاده درست از آب است.

سیستم آبیاری هوشمند از قبل می تواند توسط کاربر به صورت ثابت یا قابل تغییر برنامه ریزی شود. این برنامه ریزی بر اساس محیط و نوع گیاهی است که برای آبیاری آن از سیستم آبیاری هوشمند استفاده می شود.

مزایای سیستم آبیاری هوشمند

مهم ترین مزیت سیستم آبیاری هوشمند استفاده بهتر از آب است. علاوه بر آن کشاورز می تواند به راحتی در هر زمان و مکانی باغ و زمین کشاورزی خود را به صورت منظم و دقیق آبیاری کند تا گیاهان و درختان کم تر دچار کم آبی یا بی آبی شوند یا آب اضافه به آنان داده نشود.

کارکرد سیستم آبیاری هوشمند

سیستم آبیاری هوشمند می تواند میزان رطوبت خاک را اندازه بگیرد و زمان آبیاری را تشخیص دهد (شکل ۳۶). با سیستم آبیاری هوشمند می توان برای صرفه جویی بیش تر زمان شروع و پایان آبیاری را در ساعاتی زمان بندی و تعیین کرد که دمای هوا پایین است. حسگرها یا سنسورهایی در مناطق مختلف مزرعه نصب می شوند، مقدار رطوبت خاک را پایش می کنند و به سیستم کنترل مرکزی هوشمندسازی منتقل می کنند. سیستم کنترل مرکزی با اطلاعاتی که از قبل در آن تعریف شده است یا با استفاده از اطلاعات هواشناسی و ماهواره ای، زمان و مقدار آب آبیاری را تعیین می کند و به اطلاع کاربر می رساند. بدیهی است در صورت خودکاربودن کل سیستم و آماده بودن زیرساخت های لازم، می توان حتی آبیاری قطعات را به نوبت انجام دهد. به عبارت دیگر، در صورت تشخیص می تواند جریان آب را قطع یا وصل کند.

اجزاء سیستم آبیاری هوشمند

۱- سیستم کنترل مرکزی

مهم ترین قسمت سیستم آبیاری هوشمند است که از طریق آن تمامی موارد لازم برای گیاه را کنترل و مدیریت می کند. در سیستم کنترل مرکزی تمامی اطلاعات و دستورها و برنامه ریزی ها ذخیره و اجرا می شود. در مواقعی که سیستم کنترل مرکزی در دسترس نیست و در مکان دیگری هستید می توانید از طریق اپلیکیشن موبایل و اینترنت سیستم را مدیریت کنید.

۲- دستگاه کنترل کننده

این دستگاه به صورت هوشمند و بدون دخالت انسان اطلاعات را از اجزای سیستم می گیرد و آن ها را پردازش می کند و سپس بر اساس اطلاعاتِ تحلیل شده زمین را آبیاری می کند.

۳- حسگرها

حسگرها یا سنسورها اطلاعات را از محیط دریافت و به دستگاه کنترل ارسال می کنند. حسگرهای رطوبتی خاک، حسگر انجماد، رطوبت هوا، باران، حرارتی و تبخیر و تعرق و... از مهم ترین حسگر ها در هر سیستم هوشمند آبیاری هستند.

٤- ایستگاه هواشناسی

ایستگاه هواشناسی که ممکن در مزرعه وجود داشته باشد، به صورت خودکار اطلاعات هواشناسی را به سیستم می فرستد. در صورت هرگونه مشکل در جو این سیستم خطر را اعلام می کند و در این صورت آبیاری متوقف می شود.

به طور خلاصه می توان گفت سیستم آبیاری هوشمند از روش های نوین برای کنترل مصرف آب و انرژی است و معایب آبیاری قطره ای و بارانی را ندارد. همچنین با استفاده از سیستم آبیاری هوشمند می توان کیفیت محصولات را نیز بالا برد.

در مجموع با توجه به زیرساخت های موجود در کشور از سیستم آبیاری دقیق می توان در آبیاری سطحی استفاده کرد و سیستم های هوشمند را برای آبیاری های نوین تحت فشار (به ویژه قطره ای) استفاده کرد.

شکل ۳۵- کنترل، ردیابی و تصمیم گیری هوشمند سه شرط اساسی برای ایجاد یک مزرعه هوشمند است.

شکل ۳۶- آبیاری هوشمند زراعت چغندرقند با استفاده از حسگر های مورد نیاز

منابع

۱- زارعی‌ذهابی، ز. ۱۳۹۲، به‌کارگیری سیستم آبیاری موجی با رویکرد کاهش هرزآب در شرایط بحرانی و خشک‌سالی، کنفرانس ملی مخاطرات محیط‌زیست زاگرس.
۲- سهرابی، ت.، حیدری، ن.، توکلی، ع.و نیریزی، س. ۱۳۷۵. آبیاری موجی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۳- صدرقائن، س.ح.، م، اکبری و ح، دهقانی سانیج. ۱۳۸۷. استفاده از سیستم های آبیاری قطره‌ای در مزارع چغندرقند. نشریه فنی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
۴- طالقانی، د.، صادق زاده حمایتی، س.و مصباح، م. ۱۳۸۹. سند ملی راهبردی تحقیقات چغندرقند. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند.
۵- طالقانی، د.، محمدیان، ر.و صادق زاده حمایتی، س. ۱۳۹۶. راهنمای کاشت، داشت و برداشت چغندرقند پاییزه (ویرایش دوم). معاونت ترویج و نشر آموزش کشاورزی.
۶- علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم های آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی.
۷- علیزاده، ا. ۱۳۷۶. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. ناشر دانشگاه امام رضا (ع). چاپ اول.
۸- علیزاده، ا. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه. ناشر دانشگاه امام رضا (ع). چاپ سوم.
۹- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم های آبیاری. ناشر دانشگاه امام رضا (ع). چاپ دوم.
۱۰- علیزاده، ا.و کمالی، غ. ع. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. دانشگاه امام رضا (ع).
۱۱- قمرنیا، ه. ۱۳۸۴. اصول، کاربرد، بهره برداری و مدیریت سیستم های آبیاری میکرو. انتشارات دانشگاه رازی.
۱۲- کوک، دی .ا.و اسکات، آر. کی. ۱۳۷۷. چغندرقند از علم تا عمل. نشر علوم کشاورزی.
۱۳- محمدیان، ر. ۱۳۹۲. آبیاری چغندرقند در تدوین استانداردهای تعیین ظرفیت و ارزیابی خسارت به تفکیک عوامل مدیریتی و قهری در مراحل مختلف رشد در مزارع چغندرقند. تألیف اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ص. ۹۱- ۱۲۰.
۱۴- محمدیان، ر. ۱۳۹۴. مدیریت کم آبیاری در زراعت چغندرقند. مروج. شماره ۱۵۲-۱۵۳.. ص. ۳۱-۳۶.

۱۵- محمدیان، ر.و باغانی، ج. ۱۳۹۶. آبیاری قطره‌ای-نواری در زراعت چغندرقند. معاونت ترویج و نشر آموزش کشاورزی.

۱۶- محمدیان، ر.، یونسی الموتی، م.، نوروزی، ع.، غالبی، س.، عباسی، س. و نوشاد، ح. ۱۳۹۳ . اثر برخی از روش های آماده سازی بستر کاشت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد کمی و کیفی چغندرقند. مجله به زراعی نهال و بذر ۲-۳۰(۳): ۲۹۵-۲۷۷.

۱۷- نوشاد، ح.، محمدیان، ر. و خیامیم، س. ۱۳۹۵. اثر سطوح مختلف پتاسیم و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند در شرایط تنش خشکی. مجله چغندرقند. ۳۲(۱): ۳۷-۴۹.

۱۸- یوسف آبادی،و. ۱۳۹۷. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی بررسی کشت نشایی چغندرقند پس از آبگیری غلات. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند.

20- Anonymous, 2009. Evaporation Pan Operating Instructions. Eijkelkamp Agrisearch Equipment. Avaliable online at: https://www.eijkelkamp.com/files/media/Gebruiksaanwijzingen/EN/m4-1689eevaporationpan.pdf

21- Brouwer, C., Goffeau, A. and Heibloem, M. 1985. Irigation Water Management: Training Manual No. 1- Introduction to Irrigatio n. FAO.

22- Morillo-Velarde, R., and Ober, E.S. 2006. Water Use and Irrigation. In: Sugar Beet, ed. A.P. Draycott, 221–255. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

23-Mohammadian, R., Khoyi, F.R., Rahimian, H., Moghaddam, M., Ghassemi-Golezani, K. and Sadeghian, S.Y. 2005.The effect of early season drought on stomatal conductance, leaf- air temperature difference and proline accumulation in sugar beet genotypes. 2001. J. Agric. Sci. Technol. 3: 181-192.