

بسم الله الرحمن الرحيم



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

راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در زراعت چغندر قند

سرشناسه	محمدیان، رحیم، ۱۳۴۰ -
عنوان و نام پدیدآور	راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در زراعت چغندر قند/ نویسندگان رحیم محمدیان، جواد باغانی؛ تهیه شده در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، 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	۱۰۴ ص.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۷۳۰-۲
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
موضوع	چغندر قند -- ایران -- آبیاری
موضوع	Sugar beet -- Irrigation -- Iran
موضوع	چغندر قند -- 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	۶۳۳/۶۳۰ ۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	۷۲۹۹۸۹۶

ISBN: 978-964-520-730-2

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۷۳۰-۲



نشر آموزش کشاورزی

عنوان: راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در زراعت چغندر قند
نویسندگان: رحیم محمدیان و جواد باغانی
مدیر داخلی: شیوا پارسانیک
ویراستار ترویجی: سعیده اجاقی
ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی
تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
صفحه آرا: سبا سادات کرمانی پورقایی
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

صفحه

عنوان

۷	مقدمه
۸	معرفی چغندر قند
۱۰	بهره وری آب در زراعت چغندر قند
۱۱	زمین مناسب برای زراعت چغندر قند
۱۵	بهبود خصوصیات فیزیکی خاک
۱۶	روش های آماده سازی بستر کشت
۱۷	آماده سازی بستر کاشت در دو مرحله (پاییز و بهار)
۲۲	آماده سازی کامل بستر کاشت در پاییز
۲۵	انتخاب رقم مناسب برای کشت
۲۶	تاریخ کاشت
۲۶	کشت بهاره چغندر قند
۳۱	کشت پاییزه چغندر قند
۴۰	آرایش کاشت
۴۳	کنترل علف های هرز چغندر قند
۴۴	تغذیه چغندر قند در شرایط کمبود آب
۴۵	استفاده از مواد ضد تعرق یا ضد تنش
۴۶	روش های آبیاری متناسب با زراعت چغندر قند
۴۷	آبیاری شیاری (نشتی)
۵۵	آبیاری بارانی
۵۹	آبیاری قطره ای
۶۲	تأثیر روش های مختلف آبیاری بر بهره وری آب
۶۳	کود آبیاری
۶۷	نیاز آبی چغندر قند
۷۱	نیاز آبیاری چغندر قند

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

مقدمه

چغندر قند به همراه نیشکر از مهم ترین منابع تأمین کننده ساکاروز هستند. در حال حاضر ۳۴ کشور فقط از چغندر قند 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 چغندر قند، نیشکر و واردات شکر در تأمین شکر مورد نیاز کشور به ترتیب حدود ۳۰، ۲۸ و ۴۲ درصد بود. حدود چهار پنجم سطح کشت چغندر قند در جهان با استفاده از بارش های آسمانی و بقیه با استفاده از آب آبیاری زراعت می شود. ایران جزو معدود کشورهایی است که تقریباً عمده نیاز چغندر قند در آن از طریق آب آبیاری تأمین می شود. در ایران، به دلیل پایین بودن نسبی عملکرد چغندر قند 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. با توجه به روند روز افزون 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 چغندر قند به صورت ساده آورده شود. امید است این مجموعه بتواند برای دست اندر کاران امر تولید چغندر قند مفید باشد.

معرفی چغندر قند

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



شکل ۱- نمای چغندر قند در پایان سال اول دوره زندگی

جهت رشد ساقه (بولتینگ) و گل‌دهی گیاه چغندر قند در سال دوم رشد، بهاره کردن (ورنالیزاسیون) ضروری است. این پدیده معمولاً در زمستان و در آخر سال اول کشت صورت می‌گیرد. پس از اینکه ساقه طویل شد، گل و سپس بذر تولید می‌شود (شکل ۲).



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

چغندر قند 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 چغندر قند 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 چغندر قند 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 چغندر قند با اعمال کم آبیاری آگاهانه می توان به عملکرد قابل قبولی دست یافت.

بهره‌وری آب در زراعت چغندر قند

بهره‌وری آب در هر گیاه زراعی شاخص آن است که به ازای مصرف یک مترمکعب آب آبیاری چند کیلوگرم محصول اقتصادی به دست می‌آید. بالاتر بودن بهره‌وری آب در مزرعه نشانگر مدیریت مطلوب زراعی است. به عبارت دیگر، در صورتی که بتوان در مزرعه‌ای، 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، می‌توان به بهره‌وری مطلوب آب آبیاری دست یافت.

در مناطق مختلف جهان درصد سطح آبیاری اراضی تحت کشت چغندر قند متفاوت است. در آمریکا، مدیترانه شرقی، خاورمیانه (مخصوصاً ایران) و شیلی ۸۰ تا ۱۰۰ درصد سطح زیر کشت چغندر قند آبیاری می‌شوند. در مدیترانه غربی ۲۰ تا ۸۰ درصد زراعت‌ها آبیاری می‌شوند، در حالی که در اروپای شمالی، شوروی سابق، چین و ژاپن کم‌تر از ۲۰ درصد آبیاری می‌شوند. لذا ایران جزو معدود کشورهایی است که تقریباً عمده نیاز آبی چغندر قند از طریق آبیاری تأمین می‌شود. در جدول ۱ میزان بهره‌وری آب در برخی از مناطق جهان نشان داده شده است.

جدول ۱- مقدار بهره‌وری مصرف آب آبیاری در برخی مناطق جهان

(Morillo-Velarde and Ober, 2006)

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

در ایران نیاز خالص آب آبیاری برای تولید ظرفیت چغندر قند در شهرهای مختلف کشور در کشت بهاره به طور میانگین حدود ۸,۸۰۰ مترمکعب در هکتار است. از آنجایی که در شرایط فعلی در بسیاری از مناطق از سیستم آبیاری سطحی برای آبیاری استفاده می‌شود و با در نظر گرفتن بازدهی آبیاری ۵۵ درصد، به طور متوسط در هر هکتار به ۱۶,۰۰۰ مترمکعب آب برای دستیابی به حداکثر محصول در سیستم آبیاری نشتی نیاز است. از طرف دیگر، بر اساس آمار موجود، متوسط عملکرد ریشه و شکر چغندر قند بهاره در ایران به ترتیب حدود ۵۲ و ۹ تن در هکتار است (متوسط ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷). لذا در حال حاضر با توجه به مفروضات موجود به ازای هر مترمکعب آب آبیاری به ترتیب در هر هکتار حدود ۳ و ۰/۶ کیلوگرم ریشه و قند تولید می‌شود.

علل پایین بودن بهره‌وری مصرف آب آبیاری در ایران عبارت‌اند از:

۱- پایین بودن نسبی عملکرد چغندر قند در ایران؛

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

با این حال، بر اساس اهداف کلان مورد نظر در برنامه‌های ارتقای کارایی مصرف آب، در نظر است در سال ۱۴۰۴ به عدد تولید یک کیلوگرم شکر به ازای هر مترمکعب آب آبیاری دست یافت. برای دستیابی به اهداف برنامه ضرورت دارد ضمن افزایش عملکرد شکر به حدود ۱۰ تن در هکتار، مصرف آب حتی المقدور با مدیریت بهتر منابع آبی و استفاده از راهکارهای کاهش مصرف آب به عدد نیاز آبی واقعی محصول (حدود ۱۰ هزار مترمکعب) نزدیک تر شود.

زمین مناسب برای زراعت چغندر قند

پیش از کاشت چغندر قند همانند هر گیاه زراعی دیگر می‌باید با توجه به نیازهای رشدی آن، از مطلوب بودن زمین برای حصول به عملکرد اقتصادی قابل قبول اطمینان حاصل کرد. مهم‌ترین مواردی که برای زمین مناسب به منظور زراعت چغندر قند می‌باید در نظر گرفت، عبارت‌اند 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 چغندر قند کاهش می‌یابد. 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 چغندر قند 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 چغندر قند، 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 می‌توان 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 استفاده از زیرشکن در تابستان است (شکل ۳).



شکل ۳- برای از بین بردن سخت لایه در عمق توسعه ریشه چغندر قند لازم است از زیرشکن استفاده کرد.

۴- سطح کشت چغندرقد می‌باید متناسب با مقدار آب قابل دسترس باشد. در ارتباط با نیاز آبی و نیاز آبیاری چغندرقد در بخش‌های بعدی بیش‌تر توضیح داده خواهد شد.

۵- در صورت اعمال روش آبیاری نشتی می‌باید 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 روش‌های آبیاری با توجه به طراحی سیستم می‌توان تصمیم‌گیری کرد.

۶- زمین انتخابی برای زراعت چغندرقد حتماً بایستی در سال قبل زیر کشت چغندرقد نبوده باشد. نوع تناوب مناسب با توجه به شرایط منطقه‌ای و عواملی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، آلودگی به بیماری‌ها و علف‌های هرز و مسائل اقتصادی تعیین می‌شود.

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



شکل ۴- علائم بیماری نماتد ریشه چغندرقد



شکل ۵- علائم بیماری ریزومانیا در چغندر قند



شکل ۶- علائم بیماری پوسیدگی در چغندر قند

بهبود خصوصیات فیزیکی خاک

خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک که از نظر مواد آلی فقیر و دارای سطحی سله‌ای هستند، لوله‌های مویین در آن‌ها به راحتی تشکیل می‌شوند و باعث افزایش تبخیر از سطح خاک می‌شوند. در این مناطق، همچنین مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژنه می‌تواند تأثیرات مخربی بر خصوصیات فیزیکی خاک نظیر ازهم پاشیدگی خاک دانه‌ها و کاهش نفوذپذیری آب در خاک داشته باشد. برای بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌توان 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 می‌شود. همچنین مواد آلی از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باعث کاهش مصرف آب آبیاری می‌شوند.

گیاهانی که در برنامه تناوب در مناطق مختلف قرار می‌گیرند، می‌توانند تحت تأثیر عوامل مختلف نظیر اقلیم، میزان آب در دسترس، قیمت محصولات و... تفاوت کنند. یکی از تناوب‌های مناسب شامل تناوب یونجه-گندم-چغندرقد است. در حال حاضر در بیش تر مناطق کشور تناوب گندم-چغندرقد اجرا می‌شود. از آنجایی که وجود بقایای گندم ممکن است در کاشت بذر یا کیفیت ریشه چغندرقد تأثیر منفی داشته باشد، متأسفانه برخی کشاورزان برای خلاص شدن از این بقایا اقدام به سوزاندن آن یا چرای آن توسط دام می‌کنند. 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 از بین بردن بقایا می‌تواند در کاهش ماده آلی خاک، انتقال بیماری‌ها و همچنین علف‌های هرز نظیر سس بسیار مؤثر باشد. لذا توصیه می‌شود از سوزاندن و چرای

بقایا خودداری شود. برای تسریع در پوساندن بقایا و در نتیجه کاهش مزاحمت آن‌ها ضمن کاشت و همچنین تأثیرات مضر آن بر کیفیت چغندر قند و از طرف دیگر افزایش ماده آلی خاک، مدیریت بقایا در زراعت چغندر قند توصیه می‌شود. پس از برداشت گندم، کلش موجود تا حد امکان برداشت، بسته‌بندی و از مزرعه خارج شود. قبل از شروع عملیات آماده‌سازی 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، میکروارگانیسم‌های مفید خاک در کاهش تأثیرات تنش خشکی بر گیاهان نقش مهمی دارند و سبب سازگاری گیاهان با شرایط تنش می‌شوند. افزایش ماده آلی خاک می‌تواند باعث افزایش این میکروارگانیسم‌ها نیز شود. افزودن مواد آلی اصلاح‌کننده به خاک مناطق خشک، مقدم بر تزریق میکروارگانیسم‌ها به خاک است.

روش‌های آماده‌سازی بستر کشت

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

عملیات آماده‌سازی 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 می‌گوییم. این شرایط در مزرعه پس از گذشت چند روز از آبیاری یا بارندگی مؤثر اتفاق می‌افتد. در این شرایط در صورتی که مقداری از خاک را در مشت بگیریم، خاک حالت می‌گیرد؛ اما با کم‌ترین فشار انگشت، ذرات خاک از هم پاشیده می‌شوند و به هیچ وجه حالت خمیری ندارد. البته در صورتی که خاک

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

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

در این قسمت چند روش پیشنهادی برای کشت بهاره چغندرقد توضیح داده می‌شود. بدیهی است انتخاب یکی از این روش‌ها یا هر روش دیگر توصیه شده‌ای بسته به عواملی نظیر نوع ادوات در دسترس، زمان کاشت، اقلیم و بافت خاک و با در نظر گرفتن اهداف اولیه می‌تواند در مناطق مختلف متفاوت باشد.

آماده‌سازی بستر کاشت در دو مرحله (پاییز و بهار)

هدف از انجام عملیات به هنگام آماده‌سازی بستر کاشت در دو مرحله، انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه و سنگین در پاییز، قبل از شروع بارندگی‌های نسبتاً سنگین پاییزه و بالارفتن رطوبت خاک است. بالابودن رطوبت خاک در زمان عملیات خاک‌ورزی عامل محدودکننده است و بی‌توجهی به آن باعث فشردگی خاک و به هم زدن ساختمان خاک می‌شود. برای آماده‌سازی بستر کاشت در دو مرحله دو روش زیر پیشنهاد می‌شود.

روش اول

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

کاهش فشردگی در لایه شخم، بهبود تهویه خاک برای فعالیت موجودات خاک‌زی 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، کلوخ‌های موجود در خاک نرم می‌شود و همچنین علف‌های هرز و بقایای گیاهی موجود در سطح خاک تا حد امکان خرد می‌شوند. البته باید توجه کنید دیسک زدن مکرر خصوصاً در خاک خشک باعث تخریب خاک دانه و از هم پاشیدگی آن‌ها می‌شود. سپس برای تسطیح زمین از لولر استفاده می‌شود. تسطیح زمین در زراعت چغندر قند 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 می‌تواند اثر مخربی بر خاک دانه داشته باشد؛ لذا استفاده از این وسیله قبل از بارندگی‌ها 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 پنجه‌غازی نسبت به زیر خاک کردن کودهای شیمیایی اقدام کرد (شکل ۷). همچنین کولتیواتور پنجه‌غازی ضمن تخریب نکردن سطح تسطیح شده، سطحی نسبتاً ناهموار برای جلوگیری از فرسایش خاک طی فصل‌های پاییز و زمستان ایجاد می‌کند. زیرا تسطیح زمین با استفاده از لولر سطح خاک را کاملاً هموار می‌کند و به دلیل نبود پوشش گیاهی مناسب، سطح خاک را برای فرسایش آبی و بادی مستعد می‌کند. استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی همچنین باعث نفوذ و نگهداری بهتر رطوبت در خاک می‌شود.



شکل ۷- استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی در آماده‌سازی بستر کاشت باعث نفوذ و نگهداری رطوبت در خاک می‌شود.

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 نمی‌شود، می‌بایستی اقدام به عملیات سبک و تکمیلی آماده‌سازی بستر و کاشت بذر شود.

در صورتی که به هر دلیلی عملیات کوددهی در پاییز انجام نشده است، می‌توان 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 از بین بردن کلوخ‌های باقی مانده در خاک در این مرحله می‌توان از ادواتی نظیر دیسک استفاده کرد. استفاده از این گونه ادوات می‌تواند در کنترل و حذف علف‌های هرز سبزشده قبل از کاشت نیز مؤثر باشد.

قبل از کاشت استفاده از دستگاه پشته‌ساز با هدف ایجاد ردیف‌های کاشت توصیه می‌شود (شکل ۸). این وسیله ضمن ایجاد بستری هموار برای کاشت، به دلیل فشردن سطح خاک باعث اتصال بهتر بذر با خاک خواهد شد. بعد از ایجاد ردیف‌های کشت، اقدام به کاشت می‌شود.



شکل ۸- ایجاد ردیف‌های کاشت با دستگاه بستر ساز برای زراعت چغندر قند در شکل دهی بستر کاشت و ایجاد شرایط مناسب به منظور کاشت بذرو جوانه زنی آن مؤثر است.

روش دوم

در این روش در پاییز تنها با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار عملیات شخم انجام می‌گیرد. 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 در نظر گرفتن وضعیت رطوبت خاک اقدام به عملیات آماده‌سازی و کشت می‌شود. برای این منظور در ابتدا بر اساس آزمون خاک و در صورت نیاز به کودهای پیش‌کشت فسفردار و پتاسیم‌دار، اقدام به کودپاشی می‌کنند و سپس با استفاده از خاک‌ورز مرکب (کمبینانت) اقدام به عملیات آماده‌سازی ثانویه می‌شود.

خاک‌ورزهای مرکب ترکیبی از چند ادوات کشاورزی هستند که عملیات خاک‌ورزی و تسطیح را به‌طور هم‌زمان و با کم‌ترین تردد تراکتور در مزرعه انجام می‌دهند. برخی از این دستگاه‌ها شامل کولتیواتور پنجه‌غازی، دیسک کنگره‌دار و ماله هستند (شکل ۹). هدف از استفاده از این دستگاه نیز مواردی

نظیر مخلوط کردن کود با خاک، خرد کردن کلوخه‌ها، افزایش نفوذپذیری خاک و تا حدی تسطیح بستر کاشت است. بعد از استفاده از خاک‌ورز مرکب با دستگاه بسترساز، ردیف‌های کشت ایجاد می‌شوند و سپس اقدام به کشت می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۹- استفاده از دستگاه خاک‌ورز مرکب برای آماده‌سازی بستر کاشت باعث کاهش تردد ماشین‌آلات در زمین می‌شود.



شکل ۱۰- استفاده از دستگاه بسترساز برای ایجاد ردیف‌های کاشت

مهم‌ترین مزایای آماده‌سازی بستر کاشت در دو مرحله در هر دو روش ذکر شده شامل امکان کشت زود هنگام چغندر قند و در نتیجه بیش تر شدن 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 بهره‌وری آب است.

در مجموع خصوصیات فیزیکی خاک در روش دوم که تردد ماشین آلات در زمین کم‌تر است، مناسب‌تر از روش اول است. همچنین هزینه‌های آماده‌سازی و مصرف سوخت در این روش کم‌تر از روش اول است. اما با توجه به اینکه تسطیح زمین تنها با استفاده از ماله موجود در خاک‌ورز مرکب انجام می‌گیرد، در صورتی که زمین زیادی ناهموار باشد امکان مسطح کردن خاک به طور مناسب فراهم نیست. لذا به کارگیری روش دوم در اراضی‌ای که نسبتاً مسطح‌تر هستند یا با استفاده از آبیاری‌های تحت فشار آبیاری می‌شوند، توصیه می‌شوند.

آماده‌سازی کامل بستر کاشت در پاییز

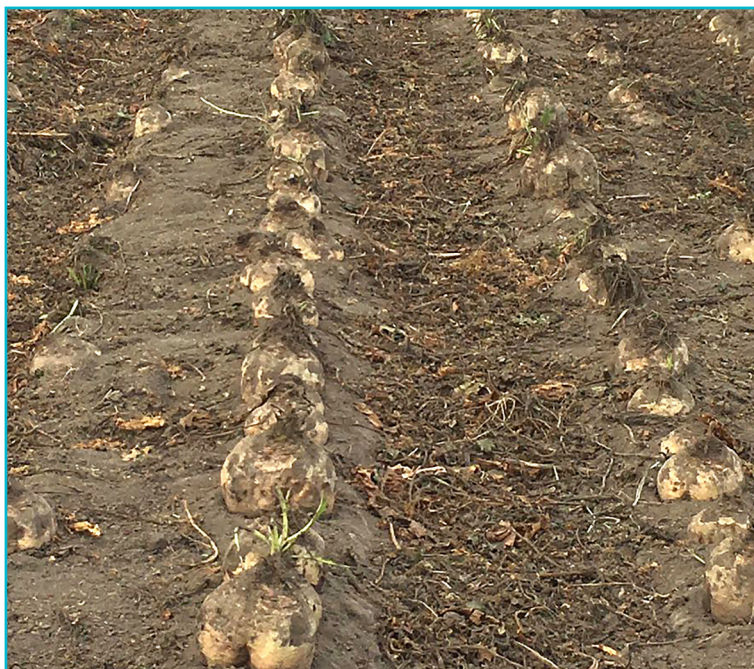
در این روش کلیه عملیات آماده‌سازی بستر کاشت شامل شخم با گاوآهن، دیسک، لولر، پخش کود بر اساس نیاز و دیسک سطحی به منظور مدفون کردن کود در خاک است. در ادامه نیز اقدام به ایجاد ردیف‌های کاشت با پشته‌ساز می‌شود. در اواخر زمستان یا اوایل بهار با مهیاشدن رطوبت مناسب خاک (گاورو) می‌توان اقدام به کشت کرد.

انجام کلیه عملیات سنگین آماده‌سازی زمین و ایجاد پشته‌های 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 بارندگی‌های بهاره نیز استفاده کند. بنابراین آماده‌سازی زمین در پاییز باعث کشت به موقع، تأمین دوره رشد کافی برای گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود. در این روش استفاده از ادوات آماده‌سازی در شرایط مناسب رطوبتی معمولاً موقعیت مطلوبی برای کشت و رشد چغندرقد ایجاد می‌کند و ریشه‌های مطلوبی نیز تولید می‌شود.

اما در مواردی نیز مشاهده شده است که طی فصل پاییز و زمستان به دلیل بارش‌های متعدد، سطح خاک در روی ردیف‌ها تاحدی فشرده می‌شود و باعث ریزش بخشی از خاک روی پشته‌ها به کف جویچه‌ها می‌شود و عمق جوی‌های ایجادشده کم می‌شود. این موضوع می‌تواند در آبیاری چغندرقد ایجاد مشکل کند. لذا توصیه شده است که از بسترسازهایی با ارتفاع بلند استفاده شود تا جوی عمیق‌تری ایجاد شود.

در مواردی مشاهده شده است که به علت بارش‌های نسبتاً زیاد یا در خاک‌های با بافت سنگین و همچنین با ماده آلی کم، به دلیل بزرگ شدن ریشه‌ها و فشردگی خاک و در نتیجه نبودن شرایط مناسب رشد در داخل خاک، مقداری از ریشه از خاک بیرون می‌زند و این موضوع در زمان برداشت خصوصاً در روش مکانیزه ممکن است ایجاد مشکل کند (شکل ۱۱). همچنین در مواردی بدشکلی در ریشه‌ها مشاهده شده است. به عبارت دیگر در این روش احتمال خطر فشردگی خاک بعد از آماده‌سازی 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 می‌تواند در برداشت مکانیزه اختلال ایجاد کند.

از دیگر محدودیت‌های این روش، رشد علف‌های هرز در بهار قبل از اقدام به کشت در مزرعه است. برای حل این معضل نیز می‌توان از علف‌کش‌های عمومی قبل از کاشت استفاده کرد. کاربرد این روش با استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند مزایای این روش را بیش‌تر کند.

پیشنهاد می‌شود 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 می‌تواند بسیاری از مشکلات مزارع چغندر قند را از نظر ناتوانایی برای کشت زود هنگام و همچنین فشردگی خاک در حین آماده‌سازی بستر کاشت مرتفع کند.

انتخاب رقم مناسب برای کشت

استفاده از ارقام زراعی متحمل به خشکی و با بهره‌وری بالای آب می‌تواند راه‌گشایی امیدبخش برای مقابله با معضلات کم‌آبی باشد. اما با توجه به ماهیت و پیچیدگی مکانیزم‌های تحمل به خشکی، پیشرفت قابل توجهی در زمینه بهبود عملکرد در محیط‌های متمایل به خشکی حاصل نشده است.

در ایران به نژادی برای تحمل به خشکی چغندر قند 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 آزمایش‌ها این رقم توانست در شرایط دور آبیاری بر اساس ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشک 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 با توجه به روند کند پیشرفت برنامه‌های اصلاحی مقاومت به خشکی توصیه می‌شود تا زمانی که اصلاحگران نباتات بتوانند ارقام متنوع مقاوم به خشکی را تهیه و معرفی کنند، کشاورزان از ارقام تجارتي رایج که بتوانند در شرایط کمبود آب از عملکرد قند و پایداری عملکرد بالایی برخوردار باشند، استفاده کنند. برای مثال با توجه به آزمایش‌های انجام شده در بین ۳۰ رقم تجاری مورد بررسی ارقام چغندر قند آنتک، بالو، بی‌تی‌اس ۲۳۳، دورتی، ایزابلا، لاتیتیا، لوریکت، پالما، پرفکتا، شکوفا و توکان از بهره‌وری 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 ریزومانی برخوردار بودند.

تاریخ کاشت

چغندر قند در مناطق مختلف تحت کشت در جهان به دو صورت بهاره یا پاییزه کشت می‌شود. در مناطق معتدل سرد و در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای به عنوان یک محصول بهاره و در عرض‌های جغرافیایی کم و در مناطقی با زمستان‌های گرم به عنوان محصولی پاییزه کشت شود. در ادامه شرایط رشدی چغندر قند در دو شرایط بهاره و پاییزه توضیح داده شده است.

کشت بهاره چغندر قند

برای افزایش بهره‌وری آب کشت بهاره می‌تواند به صورت زود هنگام و دیر هنگام کشت شود که در ذیل این دو روش توضیح داده می‌شود.

کشت بهاره زود هنگام

چغندر قند 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 می‌توان در تاریخ‌های 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 چغندر قند و عملکرد شکر وجود دارد. به عبارت دیگر، در کشت بهاره هرچه تاریخ کاشت زودتر و طول دوره رشد چغندر قند بیش تر شود، عملکرد شکر بیش تر می‌شود و در نتیجه می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب شود. با کشت زود هنگام همچنین استفاده بیش تر از بارندگی‌های بهاره و رطوبت ذخیره شده در خاک طی فصل پاییز و زمستان امکان پذیر می‌شود.

در مناطق مختلف کشور کاشت بهاره چغندر قند 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 کشت‌های زود هنگام در مقایسه با آب و هوای گرم در کشت‌های دیر هنگام، آسیب‌پذیری گیاهچه‌ها در مقابل تغییرات اقلیمی نظیر کاهش شدید دما، تگرگ یا برخی از بیماری‌ها در کشت‌های زود هنگام بسیار بیش‌تر از کشت‌های دیر هنگام است. اگرچه به دلیل مزایای زیاد کشت زود هنگام می‌توان ریسک آن را پذیرفت.

اما کاشت زود هنگام در بیش‌تر سال‌ها امکان‌پذیر نیست. زیرا بارندگی‌های اواخر زمستان و همچنین اوایل بهار باعث افزایش رطوبت خاک و ناممکن بودن آماده‌سازی زود هنگام بستر کاشت می‌شود. همچنین در برخی مناطق به علت سرمای شدید در اوایل بهار امکان کاشت و رشد چغندرقد میسر نیست و به دلیل کوتاه شدن دوره رشد، عملکرد و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش می‌یابد. برای غلبه بر این مشکل راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود.

استفاده از روش‌های مناسب آماده‌سازی بستر کاشت به منظور کشت زود هنگام

به توضیحات ارائه شده در قسمت روش‌های آماده‌سازی 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 هیچ‌گونه ادواتی در مزرعه برای کاشت وجود ندارد، می‌توان از روش کشت انتظاری استفاده کرد. منظور از کشت انتظاری چغندرقد کشت در مناطق سردسیر در اواخر پاییز و در زمانی است که به دلیل سرمای طولانی بر اساس آمار هواشناسی، امکان جوانه‌زنی چغندرقد میسر نیست. بذور در اولین فرصت در اواخر زمستان جوانه می‌زنند و سبز می‌شوند. به این ترتیب قبل از استقرار گیاهان کاشته شده در بهار، این گیاهان

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

محدودیت‌های عمده کشت انتظاری عبارت‌اند از:

۱- کم بودن عملکرد کمی و کیفی. پس از کاشت ممکن است گرم شدن هوا به همراه رطوبت موجود در خاک باعث سبز شدن بذور شود. در این شرایط کاهش دما باعث سرمازدگی یا حتی یخ‌زدگی گیاهچه‌ها می‌شود که در مجموع باعث کاهش تراکم بوته می‌شوند. پایین بودن تراکم بوته در این شرایط باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی ریشه می‌شود. شایان ذکر است پایین بودن کیفیت ریشه در این روش همان گونه که در قسمت آماده‌سازی کامل بستر کاشت در پاییز توضیح داده شد می‌تواند به علت احتمال خطر فشردگی خاک توسط بارش‌های شدید در فصل پاییز و زمستان و تبعات ناشی از آن نیز باشد. در ارتباط با کاهش احتمال تعداد بوته در کشت انتظاری توصیه می‌شود که اولاً تاریخ کشت بر اساس آمار بلندمدت به گونه‌ای انتخاب شود که احتمال افزایش دما و جوانه‌زنی بذور تا قبل از پایان دوره سرما کم باشد و ثانیاً مقدار مصرف بذر برای کاشت نسبت به روش‌های مرسوم افزایش یابد. با توجه به احتمال خطر فشردگی خاک و کاهش کیفیت ریشه‌ها نیز توصیه شده است که برای ترویج این روش در مناطق سرد و نسبتاً سرد بهتر است در ابتدا سطح محدودی را

برای این سیستم کشت در مزرعه اختصاص داد و وضعیت فشردگی خاک و شدت تأثیرات آن بر کیفیت ریشه‌ها را در هر مزرعه و منطقه برای توسعه آن بیش تر بررسی کرد.

۲- ساقه روی. به دلیل شرایط سرد هوا ممکن است در همان سال اول رشد ساقه گل دهنده مشاهده شود. لذا حتماً باید از ارقام مقاوم به بولت برای این روش کشت استفاده کرد.

کشت نشایی

در مناطق سردسیر - که سرما عامل محدودکننده جوانه زنی و استقرار گیاه محسوب می‌شود و دوره رشد چغندرقد محدود است - کشت نشایی چغندرقد می‌تواند روش مناسبی برای برطرف کردن مشکل محدودیت طول دوره رشد و افزایش عملکرد در این مناطق و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب باشد.

در روش کشت نشایی می‌توان قبل از مساعدشدن شرایط محیط برای کشت مستقیم بذر در زمین اصلی، بذر چغندرقد را در محیط کنترل شده (گلخانه یا خزانه) و در گلدان‌های کاغذی کشت کرد. در داخل گلخانه با کنترل دما، رطوبت و دیگر عوامل مؤثر بر جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه‌های تازه رسته، به مدت حدود ۴۵ روز (در کشت گلدانی) و حدود ۵۵ تا ۶۰ روز (در روش ریشه لخت) محیط مناسبی فراهم می‌شود و گیاهچه‌های نورسته تا مرحله چهار تا شش برگی در این محیط به رشد خود ادامه می‌دهند. سپس با مساعدشدن شرایط مزرعه، نشاهای تهیه شده با فاصله بوته مناسب و نهایی به زمین اصلی منتقل می‌شوند.

کشت بهاره دیر هنگام (یا کشت تابستانه)

استفاده از روش کشت بهاره دیر هنگام یا کشت تابستانه ممکن است به دلایل زیر قابل توصیه یا حتی اجتناب ناپذیر باشد:

۱- کاهش طول دوره رشد چغندر قند. طولانی بودن دوره رشد چغندر قند از عوامل مصرف آب زیاد دوره رشد است. لذا کاهش طول دوره رشد عملاً می‌تواند 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 چغندر قند را بعد از آبیگری از غلات انجام دهد. در این شرایط بهره‌وری کشاورز از منابع موجود افزایش می‌یابد؛ زیرا عملاً می‌تواند در یک سال زراعی موفق به تولید دو محصول شود. در کشت تأخیری زراعت چغندر قند تا حدود ۳۰ درصد مصرف آب کاهش می‌یابد. اما عملکرد قند نیز به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد. باین حال، با برخی روش‌های به زراعی تا حدی می‌توان به بهره‌وری آب حاصل در کشت‌های بهنگام چغندر قند دست یافت. تأخیر در برداشت در این شرایط می‌تواند 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)، بهره‌وری مصرف آب را نسبت به زمان برداشت‌های معمول افزایش دهد. همچنین در صورتی که بتوان در مزرعه در شرایط کشت دیر هنگام به تراکم بوته نهایی ۱۲۰ تا ۱۶۰ هزار بوته در هکتار دست یافت، تا حدی می‌توان به بهره‌وری مصرف آب در شرایط کشت بهنگام نزدیک شد. این شرایط در روش آبیاری نواری قطره‌ای و مناسب بودن درجه حرارت در زمان جوانه بذور در کشت دیر هنگام 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 دیر هنگام محتمل است و این امر می‌تواند 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 آن‌ها و در نتیجه سبز بیش تر بوته و در نهایت عملکرد قند و بهره‌وری آب 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 چغندرقد می تواند به کاهش عملکرد در کشت دیر هنگام در مقایسه با کشت بهنگام متفاوت باشد. لذا می توان از ارقامی که دوره رشد کوتاه تری دارند، برای کشت دیر هنگام استفاده کرد.

راهکار دیگر برای کشت دیر هنگام، کشت نشایی چغندرقد 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 آبیگری 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 نشاها در مساحت محدودی در گلخانه یا در قسمتی از مزرعه به صورت متر اکم 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 چغندرقد

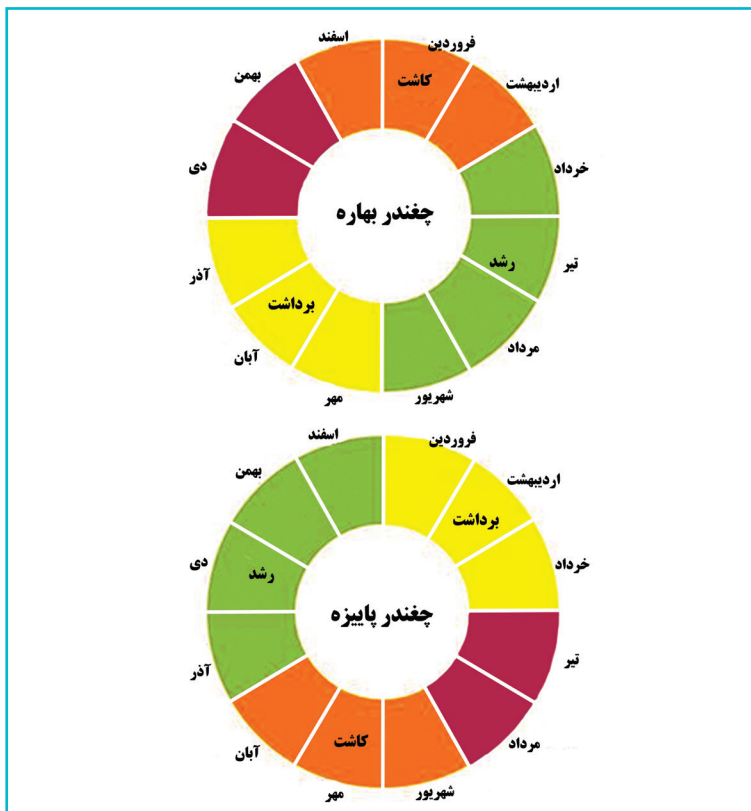
در مناطق خشک و نیمه خشک بارش ها عمدتاً در فصول پاییز، زمستان و تا حدی بهار انجام می شود. در صورتی که بتوان با تغییر تاریخ کاشت از نزولات جوی استفاده بیش تری طی فصل رشد داشت، می توان ضمن صرفه جویی

در مصرف آب، بهره‌وری مصرف آب آبیاری را افزایش داد. در کشت بهاره، تاریخ کاشت در مناطق مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی می‌تواند 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 می‌شود و تا اواسط آبان ادامه دارد و برداشت آن نیز بسته به دو عامل ذکر شده از اواسط فروردین تا اوایل مرداد است. بنابراین عمده دوره رشد چغندر قند پاییزه در پاییز، زمستان و بهار است که حداکثر میزان بارش وجود دارد (شکل ۱۲).

به دلیل هم‌زمانی عمده فصل رشد با نزولات جوی در کشت پاییزه در مقایسه با کشت بهاره، مصرف آب آبیاری در کشت‌های پاییزه بسیار کم‌تر از کشت‌های بهاره است و کشت پاییزه چغندر قند نسبت به کشت بهاره آن از نظر مدیریت آب از مزیت بسیار تری برخوردار است. در بیش‌تر کشورهای تولیدکننده چغندر قند، کاشت تنها به صورت بهاره امکان‌پذیر است. ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی جزو معدود کشورهایی است که امکان زراعت چغندر قند در بهار و پاییز را دارد. با توجه به جدول ۲ نیاز آبی چغندر قند 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 چغندر قند حدود ۵۵ درصد نیاز آبی کاهش می‌یابد.

کشت چغندر قند در سال‌های گذشته به غیر از استان خوزستان در سایر مناطق به صورت بهاره انجام می‌گرفت. 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. مهم‌ترین عامل محدودکننده کشت پاییزه، استفاده از ارقامی با مقاومت بالا به بولت است. در جدول ۲ برخی از

مناطقى که امکان کشت پاییزه چغندر قند 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 چغندر قند در کشت چغندر قند بهاره و پاییزه

جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندر قند 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	پرشیا، جاکا، چیمنه، رستا، رسول، سزیرا، سوپرما، سیلوتا، شوش، گیادا، لوانته، لوسرا، لیستا، مراک، مونوتونا، ویکو، روزا گل، 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 گل

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندر قند پائیزه در مناطق مختلف کشور به همراه رقم‌های توصیه شده برای هر منطقه*

استان	منطقه	محدوده تاریخ کاشت	بهترین تاریخ کاشت	محدوده تاریخ برداشت	رقم‌های مناسب
خوزستان	کلبه مناطق	دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	شریف، اسپار تاک، آزابا، آنتک، پالما، پرشیا، جاکا، چیمه، رستا، رسول، سزیرا، سویرما، سیلوتا، شوش، گیادا، لوانته، لوسرا، لیستا، مراک، مونوتونا، ویکو، روزا، روزا استار، روزا فلور، اورکا، کاست، هولیا، نکسوس، شانون، گراناته، سمیر، رجا، کادیلک، مونودورو، راتنا کا و اس، دنا کا و اس، آکریا کا و اس، روزاناب، کالاس، پورتال، آلگر، سنیتیل
		دهه دوم مهر تا اول آبان	دهه سوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه اول خرداد	سویرما، سیلوتا، آزابا، جاکا، گیادا، روزا، چیمه، ویکو، مراک، جرا کا و اس، گلد، چیمه، ویکو، گلد، چیمه، ویکو، گلد، سویرما، سیلوتا، آزابا، جاکا، گیادا، روزا
		دهه اول مهر تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه اول خرداد	سویرما، سیلوتا، آزابا، جاکا، گیادا، روزا، چیمه، ویکو، مراک، جرا کا و اس، گلد، چیمه، ویکو، گلد، سویرما، سیلوتا، آزابا، جاکا، گیادا، روزا

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندر قند پاییزه در مناطق مختلف کشور به همراه 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، چیمته، سوپریم، مونودورو، یودورو، روزا گلند، چرا 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، چیمته، سوپریم، مونودورو، یودورو، روزا گلند، چرا کا و اس
	طیس	دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه دوم خرداد تا دهه سوم خرداد	گیادا، مونوتونا، جاکا، لوانته، ویکو، آزابا، چیمته، سوپریم، مونودورو، یودورو، مراک، روزا گلند، چرا کا و اس
	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 گلند، جاکا، مونوتونا، چیمته، چرا کا و اس
خراسان رضوی	تربت جام، بردسکن، تایباد	دهه سوم شهریور تا دهه دوم مهر	دهه اول مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، لوانته، یودورو، روزا گلند، جاکا، مونوتونا، چیمته، چرا کا و اس

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندر قند پائیزه در مناطق مختلف کشور به همراه رقم‌های 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 گلده، مراک، جاکا، مونوتونا، چیمینه، جرا کا و اس
	اردستان، کاشان، آران و بیدگل	دهه اول مهر تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، مونوتونا، جاکا، لوانته، ویکو، آرابا، چیمینه، سوپریما، مونودورو، یودورو، مراک، روزا گلده، جرا کا و اس
اصفهان	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، سوپریما، جواهر، روزا گلده، روزا استار، روزا فلور، اورکا، جرا کا و اس
		دهه سوم شهریور تا دهه سوم مهر	دهه دوم مهر	دهه سوم اردیبهشت تا دهه دوم خرداد	لوانته، پوسودا، گیادا، رستا، ویکو، یودورو، سوپریما، جواهر، روزا گلده، روزا استار، روزا فلور، اورکا، جرا کا و اس، پالما، آنتک، مراک، رزانلب، چیمینه، جاکا
	داراب				
فارس					

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندر قند پاییزه در مناطق مختلف کشور به همراه 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، چیمه روزا گلد، مونوتونا، چرا 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، چیمه روزا گلد، مونوتونا، چرا کا و اس
گلستان	گنبد، گرگان، آق‌قلا، مراوه‌تپه، کلالة، اینچ‌دبرون، داشلی‌برون، علی‌آباد	دهه دوم مهر تا دهه اول آبان	دهه سوم مهر	دهه سوم خرداد تا دهه اول تیر	گیادا، ویکو، یودورو، روزا گلد، چاکا، مونوتونا، چیمه، چرا کا و اس، آزابا، رزآب
اردبیل	مغان	دهه سوم مهر تا دهه دوم آبان	دهه اول آبان	دهه سوم خرداد تا دهه دوم تیر	چرا کا و اس، مونوتونا

ادامه جدول ۲- تاریخ کاشت و برداشت مناسب چغندر قند پائیزه در مناطق مختلف کشور به همراه رقم‌های توصیه شده برای هر منطقه*

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

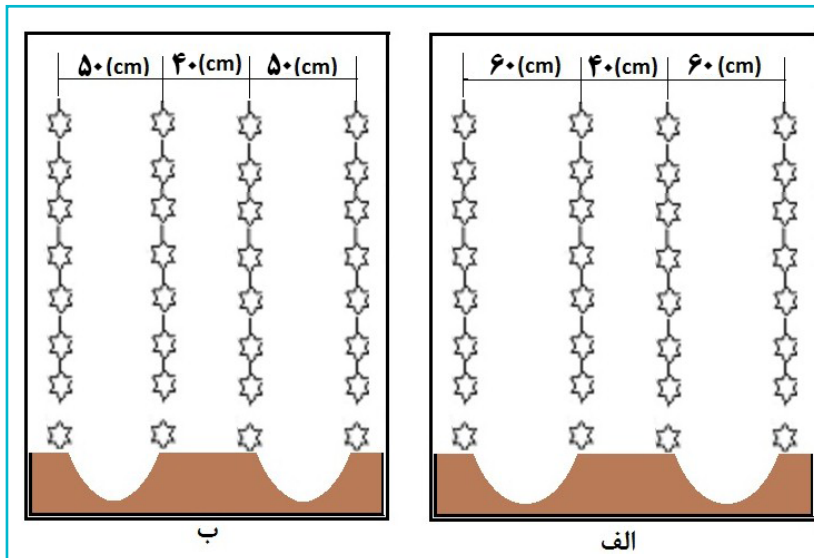
* در سایر مناطق در صورت تشابه اقلیمی می‌توان بر اساس این دستورالعمل رفتار کرد.

آرایش کاشت

از آنجایی که در بیش تر سطوح زراعت چغندر قند 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. در حال حاضر در بیش تر مناطق فواصل ردیف کاشت چغندر قند 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 در میان

جویچه‌ها نیز باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف آب می‌شود (شکل ۱۴). در این حالت، در هر نوبت آبیاری از نیمی از جویچه‌های تعبیه شده در مزرعه استفاده می‌شود. در واقع، استفاده از این روش می‌تواند موجب شود تا بوته‌ها در هر نوبت آبیاری فقط از یک طرف آب دریافت کنند. این در حالی است که در روش معمول، از تمام جویچه‌ها برای آبیاری استفاده می‌شود. در این حالت نیز عملکرد محصول کاهش معناداری نخواهد داشت، ولی مصرف آب حدود ۱۶ درصد کاهش می‌یابد و در نتیجه بهره‌وری آب مصرفی بیش‌تر می‌شود.



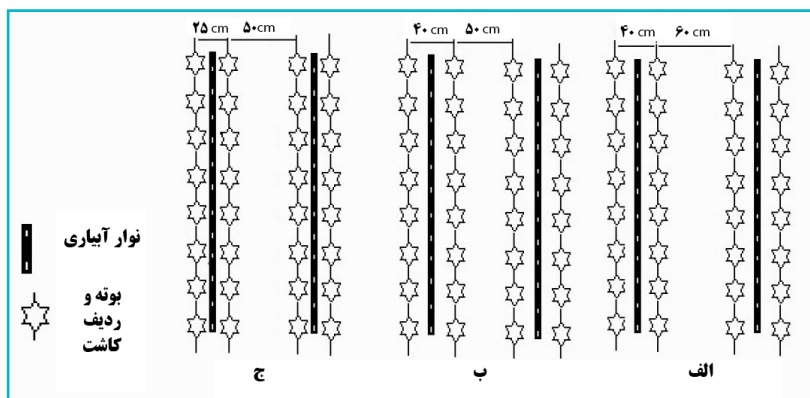
شکل ۱۳- (الف) آرایش کاشت با فواصل خطوط ۶۰-۴۰-۶۰ سانتی‌متر با دو ردیف کشت بر روی پشته و (ب) آرایش کاشت با فاصله خطوط ۵۰-۴۰-۵۰ سانتی‌متر با دو ردیف کاشت بر روی یک پشته



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

توصیه می‌شود در روش آبیاری نواری قطره‌ای (تیپ) نیز از یکی از روش‌های آرایش کاشت ۴۰-۶۰، ۴۰-۵۰ و ۲۵-۵۰ سانتی متر بین ردیف‌ها و فاصله بوته ۱۴ تا ۲۰ سانتی متر روی ردیف‌ها و استفاده از نوارهای آبیاری به طور یک در میان در بین خطوطی با عرض کم استفاده شود (شکل ۱۵). در هر سه آرایش کاشت ذکرشده به دلیل نزدیک تر شدن فاصله نوارهای آبیاری به بوته‌ها مصرف آب کاهش می‌یابد. همچنین در آرایش کاشت ۴۰-۵۰ و خصوصاً ۲۵-۵۰ تراکم بوته در مقایسه با آرایش کاشت مرسوم افزایش می‌یابد. 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 سبز شدن بذور و در نتیجه ریسک کاهش تراکم مطلوب در مزرعه وجود دارد، از اهمیت بیش تری برخوردار است. همچنین با جای گذاری لوله‌های آبیاری به طور یک در میان ضمن آنکه عملکرد تفاوت چندانی در مقایسه با قراردادن نوارهای آبیاری برای هر خط کاشت نمی‌کند، هزینه‌های این روش آبیاری (به دلیل کاهش نوارهای تیپ در مزارع) نیز به طور

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



شکل ۱۵- آرایش کاشت و آرایش نصب نوار آبیاری قطره‌ای در مزرعه چغندر قند

(الف) ۶۰-۴۰؛ (ب) ۵۰-۴۰؛ (ج) ۵۰-۲۵

کنترل علف‌های هرز چغندر قند

علف‌های هرز در استفاده از نور، مواد غذایی و آب با گیاه زراعی رقابت می‌کنند. لذا کنترل علف‌های هرز می‌تواند در حفظ ذخایر رطوبتی خاک خصوصاً در مراحل اولیه رشد چغندر قند مؤثر باشد. در این ارتباط علاوه بر استفاده از روش‌های شیمیایی برای کنترل علف‌های هرز می‌توان به روش‌های مکانیکی نیز طی دوره رشد اقدام کرد. استفاده از کولتیواتورهای مناسب تیغه‌ای یا شمشیری بدون فاروئر ضمن کنترل علف‌های هرز با شکستن لوله‌های موئین خاک باعث می‌شود ارتباط بین آب‌های 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 چغندر قند برای حذف علف‌های هرز و نیز قطع لوله‌های موئین توصیه می‌شود.



شکل ۱۶- استفاده از کولتیواتورهای مناسب (قبل از بسته شدن پوشش گیاهی) در زراعت چغندر قند برای حذف علف‌های هرز و نیز قطع لوله‌های موئین باعث افزایش بهره‌وری آب می‌شود.

تغذیه چغندر قند در شرایط کمبود آب

به طور مشابه، در شرایط آبیاری معمول، در شرایط با محدودیت آب نیز مصرف متعادل کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه بر اساس آزمون خاک برای دستیابی به عملکرد قابل قبول الزامی است. در ارتباط با عناصر کم مصرف نظیر بور و روی نیز میزان موجودی این عناصر و حد مطلوب آن‌ها برای رشد بهینه چغندر قند 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 می‌یابد، 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 می‌تواند راهی برای افزایش بهره‌وری مصرف آب و کاهش تأثیرات تنش

رطوبتی باشد. این کودها سبب بهبود دانه‌بندی خاک، افزایش فعالیت و تنوع میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود. توجه کنید که مصرف بیش از حد توصیه شده این عناصر در شرایط محدودیت زیاد آب، به دلیل بی‌حرکی عناصر در خاک، توازن عناصر غذایی را به هم می‌زند و نه تنها اثر مثبتی بر عملکرد ندارد، بلکه تا حدی باعث کاهش آن نیز می‌شود. لذا در شرایط محدودیت آب مصرف عناصر غذایی کودهای اصلی و ریزمغذی به همراه بهبود ماده آلی خاک برای افزایش بهره‌وری آب و کود توصیه می‌شود.

استفاده از مواد ضدتعرق یا ضدتنش

کم‌تر از ۵ درصد از آب جذب شده توسط ریشه گیاه صرف رشد و نمو آن می‌شود و ۹۵ درصد مابقی از طریق تعرق از دست می‌رود. 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. باین حال باید توجه داشت که این مواد ضمن کاهش خروج آب از گیاه در مقابل ورود دی‌اکسیدکربن به گیاه نیز مقاومت ایجاد می‌کنند و سبب اختلال در فرایند فتوسنتز می‌شوند. اما میزان و اهمیت فتوسنتز در مراحل مختلف رشدی گیاهان مختلف ممکن است متفاوت باشد. به عنوان مثال استفاده از مواد ضدتعیق در گندم سبب افزایش عملکرد این محصول در شرایط تنش خشکی و کاهش اتلاف آب در مرحله غلاف‌بندی (که مرحله‌ای حساس به تنش خشکی است) شد.

استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی نیز همچون براسینواستروئیدها می‌تواند 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 آن‌ها

در برابر تنش‌های محیطی دارند.

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

روش‌های آبیاری متناسب با زراعت چغندر قند

در کشاورزی سنتی و در مناطقی که خرده مالکی است، کشت چغندر قند در کرت انجام می‌شود. ولی کاشت چغندر قند به صورت کرتی به علت افزایش مقدار بذر مصرفی، بالا رفتن میزان مصرف آب، تشدید بیماری پوسیدگی ریشه، نبود امکان استفاده از ادوات مکانیزه برای انجام فعالیت‌های مربوط به داشت و برداشت و در نهایت افزایش هزینه‌های تولید قابل توصیه نیست.

یکی از شیوه‌های رایج آبیاری این گیاه در کشور شیاری (نشتی) است. با کاهش منابع آبی کشور و به منظور استفاده بهتر از آب، استفاده از آبیاری‌های تحت فشار بارانی و قطره‌ای با استفاده از یارانه‌ها و وام‌های دولتی در دستور کار وزارت کشاورزی قرار گرفت. برای آبیاری گیاه چغندر قند امکان استفاده از همه روش‌های تحت فشار وجود دارد. هرچند عواملی مانند مشخصات فیزیکی خاک، شیب زمین، سرعت باد، شرایط اقلیمی، امکانات فنی محلی و مباحث اقتصادی می‌تواند در انتخاب سیستم آبیاری نقش داشته باشد. ضمن اینکه کیفیت آب آبیاری نیز در برخی موارد می‌تواند در انتخاب روش آبیاری ایفای نقش کند.

آبیاری شیاری (نشتی)

روش آبیاری شیاری علاوه بر زراعت چغندر قند با تمام محصولاتی که قابلیت کاشت ردیفی دارند و نیز باغ‌های میوه سازگاری دارد. همچنین این روش برای اکثر خاک‌ها به جز خاک‌های شنی مناسب است. در خاک‌های خیلی شور

به علت تجمع نمک‌ها در روی پشته‌ها باید خیلی بااحتیاط عمل شود و در صورت نیاز قبل از احداث شیارها مزرعه آب شویی شود. در اراضی شیب‌دار بهتر است ابتدا تراس بندی 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 سنگین‌تر شدن بافت خاک طول شیار افزایش پیدا کند. البته طراحی اندازه شیارها به لحاظ علمی باید توسط طراح خبره انجام شود.
- عوامل زیادی در تعیین طول شیارها مؤثر است. عوامل نام برده 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 به طور کلی از نظر کشاورزان بهتر است طول شیارها زیادتر باشد. زیرا وقتی طول شیارها کم تر باشد،

تعداد جوی‌های فرعی در مزرعه زیاده‌تر و به تبع عملیات آبیاری بیش‌تر می‌شود و مکانیزه کردن مزرعه مشکل‌تر می‌شود. به‌طور معمول طول شیار در خاک‌های رسی بیش‌تر از شنی است. در یک خاک شنی با افزایش مقدار جریان (برای یک عمق ثابت آب آبیاری) می‌توان طول شیار را بیش‌تر انتخاب کرد. در صورتی که زمین دقیقاً تسطیح شده باشد و دارای شیب یکنواخت و پیوسته باشد، از جدول ۳ می‌توان برای تعیین حداکثر طول شیار در خاک‌های با بافت مختلف و شیب‌های مختلف استفاده کرد.

اما از نظر عملی طول مناسب شیار توسط شدت جریان غیرفرسایشی (بیش‌ترین جریانی که باعث فرسایش شیار نمی‌شود) مشخص می‌شود. به‌طوری که آب بتواند تقریباً در یک چهارم زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آبیاری به انتهای شیار برسد. به عبارتی اگر برای نفوذ عمق آب آبیاری در خاک لازم است ۴ ساعت آب با خاک در تماس باشد، طول شیار باید به اندازه‌ای انتخاب شود که آب ورودی به شیار پس از گذشت حداکثر یک ساعت به انتهای شیار برسد. این روش تقریباً تجربی است، ولی می‌تواند مبنایی عملی برای مشخص کردن طول شیارها در مزارع باشد.

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

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

مهم‌ترین مزایای آبیاری شیاری عبارت‌اند از:

- ۱- با هر مقدار دبی امکان آبیاری در مزرعه وجود دارد؛ زیرا متناسب با مقدار دبی، تعداد شیاری‌هایی که هم‌زمان آبیاری می‌شوند، قابل تغییر است.
- ۲- با اعمال مدیریت دقیق، بازدهی آبیاری در این روش می‌تواند بالا باشد.
- ۳- در نقاط پرباران شیاریها نقش زهکش سطحی را نیز دارند.
- همچنین مهم‌ترین محدودیت‌های این روش آبیاری عبارت‌اند از:
 - ۱- نیاز به تسطیح بسیار دقیق دارد.
 - ۲- نیاز به نیروی انسانی زیاد برای کنترل دقیق آب در شیاریها دارد.
 - ۳- جمع‌آوری آب خروجی از انتهای شیاریها امکان‌پذیر است.
 - ۴- مناسب نبودن با گیاهانی که ریشه سطحی دارند.
 - ۵- نبود امکان کاربرد این روش در خاک‌های سبک.
 - ۶- مشکل بودن انجام آبیاری‌های سبک در مرحله جوانه‌زنی بذر و اوایل دوره رشد.

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

در این روش مقدار آب نفوذیافته به عمق خاک یا نشت کرده به داخل پشته‌های احداث شده تابعی از مدت زمان تماس آب با خاک است. از زمانی که آب وارد شیاری می‌شود، مدتی طول می‌کشد تا به انتهای شیاریها برسد و سپس آبیاری ادامه پیدا می‌کند تا زمانی که آب تا عمق منطقه توسعه ریشه‌ها نفوذ کند و خاک مرطوب شود. چون زمان تماس آب با خاک در ابتدا بیش‌تر از انتهای شیاریهاست، طبیعی است که آب نفوذیافته در ابتدای شیاری بیش‌تر از انتهای شیاری شود. اگر قرار باشد خاک انتهای شیاریها تا عمق ریشه مرطوب شود، ابتدای شیاری بیش‌تری از انتهای شیاری به خاک نفوذ کرده و بخشی از آن به صورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج می‌شود که جزو تلفات محسوب خواهد شد و اگر قرار باشد عمق آب نفوذ کرده در خاک اواسط شیاری، در حدود

عمق توسعه ریشه باشد، بوته‌های ابتدای شیار بیش تر و انتهای شیار کم تر از آب مورد نیاز آب دریافت خواهند کرد. به عبارتی در آبیاری شیاری لازم است تعادلی بین تفاوت مقدار آب نفوذیافته در ابتدا و انتهای شیارها به وجود آورد. کم کردن این تفاوت را می‌توان با کاهش زمان رساندن آب به انتهای شیار ایجاد کرد که برای یک آبیاری کامل هرچه آب سریع تر به انتهای شیار برسد، بازدهی آبیاری و یکنواختی توزیع آب بهتر خواهد بود.

در آبیاری شیاری هرچه قدر توزیع آب در طول شیار یکنواخت تر باشد و به عبارت دیگر مدت تماس آب با خاک در ابتدا و انتهای شیار به هم نزدیک تر باشد، آبیاری بهتر خواهد بود. برای کنترل جریان آب در شیار و رسیدن به هدف مذکور، روش‌ها یا راه‌حل‌های مختلفی وجود دارد که از آن جمله‌اند:

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 سطحی از انتهای شیار خارج می‌شود که می‌توان پس از جمع‌آوری در شیارهای پایین دست دوباره از آن استفاده کرد. استفاده مجدد در شیارهای پایین دست منوط به کنترل کیفیت آب است که در صورت مناسب بودن قابل استفاده است. این روش در اکثر مناطق خشک ایران مانند خراسان رایج است.

در روش کاهش جریان، ابتدا آب با دبی نسبتاً زیاد وارد شیار می‌شود و پس از رسیدن آب به حدود انتهای شیار، جریان ورودی به شیار (معمولاً به نصف) کاهش می‌یابد. با این عمل، علاوه بر رسیدن زودتر آب به انتهای شیار، مقدار رواناب انتهایی شیار کاهش می‌یابد و بازدهی آبیاری افزایش می‌یابد. استفاده از این روش به وجود کارگر ماهر آبیاری، عوامل اقتصادی و... بستگی دارد.

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

ورود آب ممکن است از نهر بالادست به وسیله سیفون، لوله‌های دریچه‌دار یا پته‌بندی به شیارها وارد شود و در شبکه‌های آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه‌داری که هیدروفلوم نام دارند، توزیع شوند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- ورود آب از نهر بالادست با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار

رعایت نکردن نکات فنی در آماده‌سازی 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 می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- کاربرد نادرست روش آبیاری باعث کاهش بازدهی آبیاری می‌شود.

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 مجموعه‌ای از دوره‌های 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 می‌دهد. این شیوه مدیریت می‌تواند بازده آبیاری سطحی را در حد قابل ملاحظه‌ای بهتر کند و قابلیت کاربردی آن را افزایش دهد. در جریان موجی ضمن تأمین آب و پرکردن منافذ خاک میزان مصرف آب کاهش می‌یابد. این روش به وسیله خودکار کردن آبیاری سطحی و کاهش نیروی انسانی لازم نیز قابل انجام است.

در روش موجی آب را با حداکثر دبی غیرفرسایشی وارد شیارها می‌کنند 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 می‌شود. عمل مذکور تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که آب در شیارها به انتها برسد. بعد از این مرحله تمام شیارها به صورت معمول و با دبی حداقل آبیاری ادامه می‌یابد. این روش در خاک‌های سبک، مرحله خاک آب و بعد از وجین یا کولتیواتور زدن بسیار مؤثر است و بازدهی آبیاری را تا حد چشمگیری افزایش می‌دهد و زمان آبیاری را کاهش می‌دهد.

شایان ذکر است در مزارعی که با سیفون آبیاری می‌شوند، 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 می‌کند. در ابتدا سرعت جریان در شیار زیاد است و به تدریج کم می‌شود، تا جایی که سرعت حرکت آب در شیار بسیار کم می‌شود. آنگاه آب ورودی به این شیارها با جابه جایی سیفون‌ها به شیارهای مجاور قطع می‌شود و آب داخل شیارها به خاک نفوذ می‌کند. مجدد همین اتفاق در شیارهای بعدی می‌افتد تا جایی که سرعت پیشروی آب در شیارها بسیار کم شود. مجدد، سیفون‌ها به شیارهای اول برگردانده می‌شوند. آب ورودی به شیارها مسیری را که قبلاً خیس شده است با سرعت زیاد طی می‌کند و پیشروی آب در قسمت خشک شیارها با سرعت خوب ادامه می‌یابد تا زمانی که سرعت پیشروی کم شود و ممکن است حتی متوقف شود. در این حالت مجدد سیفون‌ها به شیارهای مجاور منتقل می‌شوند. این فرایند ادامه می‌یابد تا آب به انتهای شیارها برسد. آنگاه سیفون‌ها جابه جا می‌شوند و در هر کدام از ۵۰ شیار فقط یک سیفون گذاشته می‌شود. با انجام این عمل همیشه سطح آب در نهر بالادست تنظیم شده باقی می‌ماند.

نتیجه اینکه اختلاف مدت زمان تماس آب با خاک در ابتدا و انتهای شیارها کم می‌شود و تلفات نفوذ عمقی آب در بخش‌های اول شیارها کم می‌شود.

این روش در مرحله خاک آب و بعد از وجین یا کولتیواتورزدن بسیار مؤثر است و علاوه بر افزایش قابل قبول بازدهی آبیاری (حدود ۳۰ درصد)، زمان آبیاری را نیز کاهش می‌دهد.

آبیاری بارانی

برای استفاده از روش‌های بارانی برای آبیاری مزارع چغندرچند محدودیتی وجود ندارد (شکل‌های ۱۹ تا ۲۲). ولی بسته به نوع سیستم آبیاری بارانی مورد استفاده، مقدار آب آبیاری داده شده به یک مزرعه برابر نخواهند بود؛ زیرا روش‌های مختلف آبیاری بارانی دارای بازدهی آبیاری متفاوت هستند. بازدهی آبیاری سیستم‌های آبیاری بارانی سنتریوت و لینیر بالاتر از سیستم آبیاری بارانی رول لاین یا قرقره‌ای است.

عمق آب آبیاری در سیستم آبیاری لینیر و سنتریوت با سرعت حرکت دستگاه تغییر می‌کند. برای مثال، اگر در یک مرحله آبیاری نیاز خالص آب مورد نیاز ۶۰ میلی‌متر و بازدهی آبیاری دستگاه سنتریوت ۸۰ درصد باشد، عمق آب داده شده به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{میلی متر } ۷۵ = ۱۰۰ \times (۶۰ \div ۸۰)$$

لذا آبیاری باید درجه سرعت حرکت دستگاه را روی عددی تنظیم کند که معادل ۷۵ میلی‌متر آب روی سطح مزرعه بارش کند.

در سیستم آبیاری بارانی رول لاین، عمق آب آبیاری با مدت زمان هر استقرار قابل تنظیم است. در همان شرایط فوق اگر آبیاری با دستگاه رول لاین با بازدهی ۷۰ درصد و شدت بارش ۹ میلی‌متر در ساعت انجام شود، زمان هر استقرار (آب پاشی رول لاین در یک موقعیت) به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{میلی متر } ۸۵/۷ = ۱۰۰ \times (۶۰ \div ۷۰)$$

$$\text{ساعت } ۹/۵ = ۸۵/۷ \div ۹$$

لذا آبیاری باید دستگاه رولاین را در هر موقعیت استقرار دستگاه ۹/۵ ساعت نگه دارد و آب پاش‌ها در حال کار باشند. پس از خاتمه زمان، لازم است آبیاری قطع و دستگاه را به محل استقرار بعدی که معمولاً ۱۸ متر است، منتقل کنند و پس از استقرار دستگاه با باز کردن شیر ورودی آب به دستگاه، باز آبیاری را به مدت ۹/۵ ساعت ادامه دهند و همین طور ادامه دهند.

در سیستم آبیاری قرقره‌ای نیز عمق آب آبیاری با تنظیم سرعت حرکت آب پاش، قطر نازل آب پاش و فشار دستگاه قابل تنظیم است که جدول مربوط به تنظیم عمق آب آبیاری در روی دستگاه از سوی کارخانه سازنده نصب شده است.



شکل ۱۹- روش آبیاری سنتریوت در زراعت چغندر قند



Linear irrigation of sugar beets.

شکل ۲۰- روش آبیاری چغندر قند با دستگاه لاینر



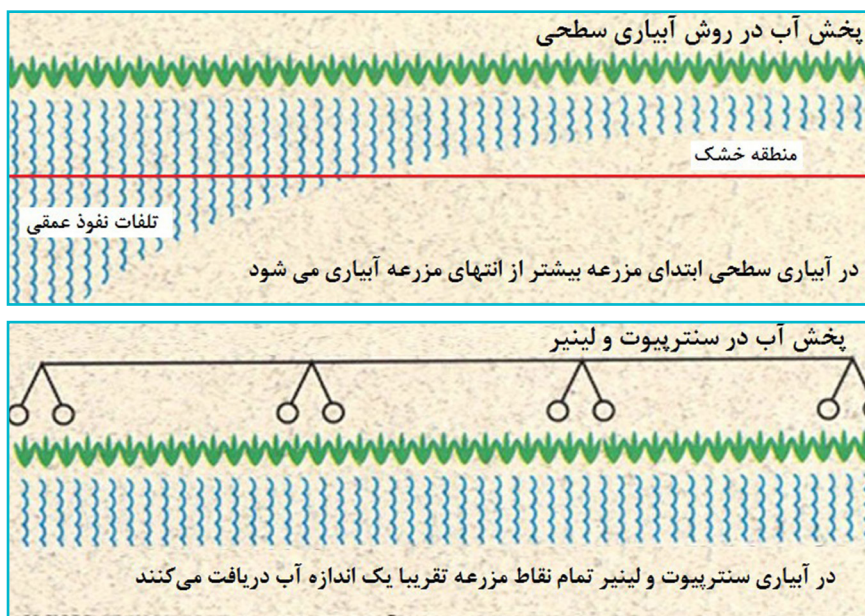
شکل ۲۱- روش آبیاری بارانی کلاسیک در زراعت چغندر قند



شکل ۲۲- کاربرد آبیاری رول لاین در زراعت چغندر قند

در آبیاری سطحی چون زمانی طول خواهد کشید تا آب ورودی به انتهای شیار برسد، زمان تماس آب با خاک در ابتدای شیار بیش تر از انتهای شیار است. این امر باعث می شود که آب نفوذ کرده در عمق خاک در انتهای شیار کم تر و در ابتدای شیار بیش تر از عمق توسعه ریشه باشد. به عبارتی، در انتهای شیار گیاه کم تر و در ابتدای شیار بیش تر از مقدار مورد نیاز آب دریافت می کند. مقدار آب مازادی که به صورت عمقی از دسترس گیاه خارج می شود، جزو تلفات محسوب شود. اما در آبیاری بارانی که بارش در ابتدا و انتهای خط لوله هم زمان صورت می گیرد، در صورتی که طراحی درست صورت گرفته باشد و آب پاش ها سالم باشند و درست کار کنند، تفاوت محسوسی بین ابتدا و انتهای مزرعه مشاهده نمی شود و تمام مزرعه تقریباً همسان آبیاری می شوند. علت بالاتر بودن بازدهی آبیاری در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی ناشی از همین تفاوت در مقدار آب نفوذ یافته در خاک است. البته ذکر این نکته نیز ضروری است که استفاده از آبیاری بارانی در شرایط گرم و خشک همراه با باد زیاد می تواند باعث افزایش

تلفات تبخیر و بادبردگی شود و بازدهی آبیاری بارانی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. در شکل ۲۳ یکنواختی پخش آب در آبیاری‌های سطحی و سنترپیوت و لاینر نشان داده شده است.



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

آبیاری قطره‌ای

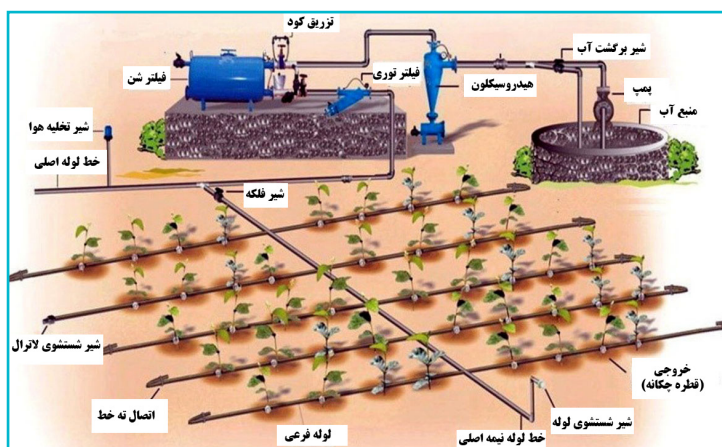
آبیاری قطره‌ای واژه‌ای بسیار کلی است و به هر سیستمی که بتواند در زمان معین مقدار مشخصی آب را به یک گیاه برساند یا آن را در مکان مشخصی توزیع کند، آبیاری قطره‌ای گویند. آبیاری قطره‌ای طیف وسیع و گسترده‌ای از آبیاری‌ها را شامل می‌شود و اسامی مختلفی نظیر آبیاری موضعی^۱، خردآبیاری^۲ و آبیاری قطره‌چکانی^۳ به آن اطلاق می‌شود که همگی مترادف‌اند.

1- Localized Irrigation

2- Micro Irrigation

3- Drip Irrigation

اجزای تشکیل دهنده سیستم کنترل مرکزی آبیاری قطره‌ای معمولاً شامل ایستگاه پمپاژ، واحد کنترل مرکزی، لوله‌های اصلی^۱ و فرعی^۲، لوله‌های آبده^۳، خروجی‌ها، شیرها (نظیر شیرهای هوا، شیرهای خلاشکن، شیرهای فشار شکن)، اتصالات و سایر تجهیزات و وسایل ضروری است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- شمای کلی سیستم آبیاری قطره‌ای

کاربرد آبیاری‌های قطره‌ای-نواری (تیپ) در سال‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است و کشاورزان به استفاده از این روش‌ها برای آبیاری زراعت‌های ردیفی رغبت زیادی پیدا کرده‌اند (شکل ۲۵). لوله‌های فرعی پلی اتیلنی که برای آبیاری باغ‌ها استفاده می‌شوند، سال‌های زیادی قابل استفاده هستند، ولی در گیاهان ردیفی که با فاصله کم کاشته می‌شوند، به علل مختلف کاربرد زیادی ندارد؛ زیرا مقدار زیادی لوله مصرف می‌شود که بایستی هر ساله از سطح مزرعه جمع‌آوری و در فصل زراعی بعدی پهن شوند. حمل و انبارداری لوله‌های جمع‌آوری شده از مزرعه فضای زیادی لازم دارد که هزینه زیادی هم باید صرف

1- Main Line

2- Manifold

3- Lateral

آن شود. ضمن اینکه پهن کردن و جمع آوری این لوله‌ها مشکلاتی را نیز به دنبال دارد. به همین دلیل لوله‌های نواری که دارای ضخامت بسیار کمی هستند و به روش نواری (تیپ) مشهور شده‌اند، ابداع شده است.



شکل ۲۵- کاربرد روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت چغندرقد

در آبیاری قطره‌ای نواری به جای قطره چکان از روزنه‌هایی با دبی بسیار کم تر نسبت به قطره چکان‌های موجود در بازار استفاده شده است. این روزنه‌ها در فاصله ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی متری یا حتی بیش تر، در امتداد نوار تعبیه شده‌اند. این لوله‌ها دارای مشخصاتی مانند حجم و وزن کم و قیمت مناسب هستند که امکان نصب آن را در رو یا زیر خاک توسط دست یا دنباله‌بندهای مخصوص فراهم می‌کند. به همین علت، مصرف این لوله‌ها در بسیاری از زراعت‌ها از جمله چغندرقد و نیز کشت‌های گلخانه‌ای و حتی باغ‌ها جایگاه خاصی پیدا کرده است. این سیستم با فشار بسیار پایین $\frac{0}{3}$ تا $\frac{1}{3}$ بار، قطرات آب را به طور یکنواخت تقسیم می‌کند. امکان نصب این نوارها هم به وسیله دست و هم با

ماشین امکان پذیر است. در شکل ۲۶ ماشینی را می بینید که هم زمان با کاشتن بذر، نوارهای آبیاری را نصب می کند.



شکل ۲۶- یک نمونه وسیله پهن کردن نوارهای تیپ

تأثیر روش های مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب

همان گونه که در قبل ذکر شد برای آبیاری چغندر قند می توان از سیستم های متفاوت آبیاری بارانی (نظیر کلاسیک، ویل مو و سنتریپوت) و تیپ (قطره ای-نواری) استفاده کرد. استفاده از سیستم های آبیاری تحت فشار و خصوصاً تیپ حتی با فرض نداشتن تأثیر معنادار بر عملکرد، به دلیل بالاتر بودن بازدهی آبیاری در مقایسه با آبیاری نشتی، باعث صرفه جویی چشمگیر در مصرف آب و در نتیجه افزایش بهره‌وری مصرف آب می شوند.

گزارش شده است که در کشت بهاره استفاده از سیستم های آبیاری بارانی (کلاسیک) و قطره ای (تیپ) به جای آبیاری نشتی، مصرف آب را به ترتیب حدود ۱۴ و ۴۲ درصد کاهش داده است. در همین شرایط عملکرد شکر در سیستم بارانی نسبت به نشتی حدود ۱۴ درصد افزایش یافت، ولی عملکرد شکر در سیستم

قطره‌ای تفاوت معناداری با نشتی نداشت. در این آزمایش بهره‌وری مصرف آب برای عملکرد شکر در سیستم‌های قطره‌ای، بارانی و نشتی به ترتیب ۱/۱، ۰/۹۱ و ۰/۶۴ کیلوگرم شکر به ازای مصرف یک مترمکعب آب بود.

در گزارش دیگری دو سیستم آبیاری نشتی و قطره‌ای (تیپ) در کشت‌های 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 ذکر شده برای روش‌های مختلف آبیاری تحت فشار، در این روش خصوصاً آبیاری تیپ ضمن صرفه جویی در مصرف آب، شرایط مطلوب رطوبتی در مدت‌های طولانی در اطراف ریشه حفظ می‌شود. لذا گیاه طی فصل رشد علی‌رغم صرفه جویی در مصرف آب در معرض تنش خشکی قرار نمی‌گیرد.

کود آبیاری

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

در سیستم‌های 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 پمپ‌های پیستونی یا دیافراگمی یا ونتوری انجام دهند. برای حل کردن کود در آب مخزن برای این دو روش تفاوت اساسی وجود دارد و بهره‌برداران باید در مقدار کود دقت لازم را به کار برند.

در روش ایجاد اختلاف فشار، حتماً بایستی تمام کود 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 می‌آید. در اثر اختلاف فشار ایجاد شده، جریانی وارد مخزن کود می‌شود و پس از مخلوط شدن با آب و به هم زدن محلول، از مسیر خروجی تانک به لوله بعد از شیرفلکه وارد می‌شود. 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 قطره‌ای مخلوط می‌شود، کاهش می‌یابد.

در روش دوم که با استفاده از پمپ یا لوله و نتوری انجام می‌شود، در تمام مدت زمان کوددهی، غلظت کود موجود در آب ثابت می‌ماند 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 و نتوری انجام می‌شود، در تمام مدت زمان کوددهی، غلظت کود موجود در آب ثابت می‌ماند 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 می‌شود:

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

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 می‌شود:

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 = ۱۰ PPM

نوع کود = اوره با ۴۶ درصد نیتروژن

حجم مخزن کود = ۲۰۰ لیتر

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

$$X = \frac{35 \times 200 \times 10 \times 36}{8/5 \times 46 \times 100} = 64/5 \text{ Kg}$$

پس از معین شدن مقدار کود (۶۴/۵ کیلوگرم)، مقدار کود مورد نیاز توزین

می‌شود و در مخزن ریخته می‌شود 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 می‌شود. 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 اصلی				کودهای دارای عناصر ریزمغذی		
اجزاء کود (درصد)			درجه حلالیت (گرم در لیتر)	کود	درجه حلالیت (گرم در لیتر)	کود
N	P ₂ O ₃	K ₂ O				
۳۳-۳۴/۵	--	--	۱۱۸۰	نیتрат آمونیوم	۵	بوراکس (بر)
۲۱	--	--	۷۰۰	سولفات آمونیوم	۶۰	کلراید کلسیم
۱۵-۱۵/۵	--	--	۱۳۵۰	نیترات کلسیم	نامحلول	اکسید مس
۲۱	۵۴	--	۴۳۰	دی فسفات آمونیوم	۲۲	سولفات مس
۱۱	۴۸	--	۲۳۰	مونو فسفات آمونیوم	۲۹	سولفات آهن
۱۶	--	--	۷۳۰	نیترات سدیم	۷۱	سولفات منیزیم
۱۲-۱۴	--	۴۴-۴۶	۱۴۰	نیترات پتاسیم	۱۰۵	سولفات منگنز
--	۱۶-۲۰	--	۳۰	سوپرفسفات سبک	۷۵	سولفات روی
--	۴۶	--	۴۰	سوپرفسفات سنگین	۵۶	مولیبدات سدیم
۴-۴۶	--	--	۸۰۰	اوره		

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

- ۱- مخزن کود قبل از استفاده شست و شو داده شود.
- ۲- از اختلاط دو یا چند کود در مخزن کود پرهیز شود.
- ۳- هیچ گونه کود فسفوری یا سموم فسفردار در مخزن ریخته نشود.
- ۴- کودهای 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 کودهای 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 چغندر قند

نیاز آبی چغندر قند 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 چغندر قند 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. چغندر قند 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

مورد نیاز گیاه چغندر قند بر اساس منطقه و عوامل اقلیمی برآورد شده است و برای برخی مناطق کشور در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- نیاز خالص آب مورد نیاز چغندر قند در برخی از دشت‌های مهم کشور (مترمکعب در هکتار)
(علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶)

استان	دشت*	دوره رشد (روز)**	آب خالص مورد نیاز	تأمین شده 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	آباد، 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 چغندر قند در برخی از دشت‌های مهم کشور (مترمکعب در هکتار) (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶)

استان	دشت *	دوره رشد (روز) **	آب خالص مورد نیاز	تأمین شده 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 چغندر (قند) در برخی از دشت‌های مهم کشور
(مترمکعب در هکتار) (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶)

استان	دشت *	دوره رشد (روز) **	آب خالص مورد نیاز	تأمین‌شده از بارندگی	*نیاز خالص آب آبیاری برای ۱۰۰ درصد تولید
همدان	اسدآباد	۱۶۵	۸۹۴۰	۱۸۰	۸۷۶
	کبودرآهنگ	۱۷۶	۱۰۲۸۰	۳۹۰	۹۸۹۰
	نهلوند، 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
	خرم‌آباد	۱۷۵	۷۵۳۰	۲۱۰	۷۳۲۰
	شاهرود	۱۸۶	۹۴۷۰	۱۴۰	۹۳۳۰
سمنان	اسلام‌آباد	۱۹۶	۹۶۵۰	۲۰۰	۹۴۵۰
کرمانشاه	صحنه، بیستون	۱۷۵	۹۳۹۰	۱۳۰	۹۲۶۰
	کرمانشاه	۱۷۵	۹۴۴۰	۲۰۰	۹۲۴۰
قزوین	قزوین	۱۷۶	۸۸۵۰	۳۷۰	۸۴۸
مرکزی	زرنده، 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 می‌توان با توجه به شرایط خاک و نوع زراعت ۳۰۰ تا ۵۰۰ مترمکعب در هکتار به نیاز خالص آبیاری افزود.

نیاز آبیاری چغندر قند

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 صد درصد 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 چغندر قند 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 چغندر قند ۸,۸۰۰ مترمکعب در هکتار باشد، مقدار آب مورد نیاز در آبیاری به شرح زیر محاسبه می شود:

$$(۸۸۰۰ \div ۵۵) \times ۱۰۰ = ۱۶۰۰۰ \text{ (مترمکعب در هکتار)}$$

لذا در مثال فوق می باید مقدار ۱۶,۰۰۰ مترمکعب آب بیش از نیاز آبی وارد مزرعه شود.

بازدهی کاربرد هر کدام از روش های آبیاری در شرایط مزارع کشاورزان ممکن است کم تر از حداکثر مقدار بازدهی کاربرد ذکر شده در جدول ۶ باشد. با این حال، هر کدام از موارد طراحی غیر اصولی، کیفیت لوازم غیر استاندارد و مدیریت بهره برداری نادرست می تواند باعث کاهش بازدهی کاربرد آب آبیاری در مزرعه شود.

جدول ۶- حدود بازدهی بالقوه کاربرد آب برای روش‌ها و سیستم‌های 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 (سنتریوت)	۷۵ تا ۹۰
بارانی (سیستم متحرک و ثابت)	۶۰ تا ۸۵	قطره‌ای (به‌طور عام)	۶۰ تا ۹۰

واکنش خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی چغندر قند به کمبود آب

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

در شرایط کمبود آب، برگ‌های چغندر قند در معرض تنش گرمایی نیز قرار می‌گیرند و غالباً مشکل است بین اثرات خشکی و گرمایی تفکیک قائل شد؛ زیرا این دو تنش در هر دو شرایط رخ می‌دهند. در شرایط تنش خشکی برگ‌های چغندر قند در اثر کمبود آب حالت خوابیدگی پیدا می‌کنند، بنابراین سطح مؤثر در

مقابل نور خورشید افزایش می‌یابد. همچنین شرایط کمبود آب باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و در نتیجه مقدار تعرق در این نوع برگ‌ها کاهش می‌یابد و دمای برگ افزایش می‌یابد و اثرات خشکی و گرمایی با یکدیگر ترکیب می‌شوند و باعث سوختگی و در نهایت خشک شدن یا مرگ برگ می‌شوند (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- اثرات کم‌آبی در زراعت چغندر قند

بسته شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب مقدار فتوسنتز را نیز کاهش می‌دهد و در نتیجه مقدار رشد گیاه کاهش می‌یابد. لذا این شرایط باعث کاهش تعداد برگ، طول و عرض برگ، شاخص سطح برگ و همچنین طول و قطر دم برگ می‌شود. با وجود کاهش سطح برگ، وزن ویژه آن افزایش می‌یابد. در بین صفات ذکر شده مربوط به اندام هوایی، تعداد و وزن ویژه برگ هم بستگی بیش‌تری با عملکرد شکر سفید در شرایط متفاوت تنش رطوبت دارند. به عبارت دیگر، برای پیش‌بینی عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در شرایط متفاوت تنش رطوبتی این دو صفت می‌توانند مورد توجه قرار گیرند.

تأثیر اولیه تنش خشکی بر برگ‌های چغندر قند 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 گلیسین، 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 چغندر قند 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 چغندر قند

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 بیش‌تر و بهتر از واحد حجم آب» است. آبیاری کامل به منظور کسب حداکثر محصول از واحد سطح در شرایطی قابل‌اعمال 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 قابل‌احیای زیادی وجود دارند که در صورت رسیدن آب به آن‌ها امکان افزایش تولید قابل‌توجهی وجود خواهد داشت، راهکارهایی وجود دارد که با مقدار آب کم‌تر ولی با مدیریت خاص آبیاری می‌توان به عملکرد مطلوبی دست پیدا کرد. لذا کم آبیاری یکی از گزینه‌های پیش‌روست. هرچند، کم آبیاری در مواردی افزایش کیفیت محصول تولیدی را نیز در پی دارد.

خاک‌هایی که ظرفیت نگهداری آب بیش‌تری دارند، شرایط بهتری برای پذیرش کم آبیاری دارند. روش‌های 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 قابل‌اعمال است. انتخاب هر کدام از گزینه‌های مذکور به عوامل مختلفی مانند اقلیم، خصوصیات و کیفیت آب و خاک، تنوع گیاه یا مرحله حساسیت گیاه به کم آبی بستگی دارد.

عملکرد چغندرقد در شرایط کم آبیاری

برای رسیدن به حداکثر عملکرد در زراعت چغندرقد، اگرچه در مقایسه با برخی از گیاهان زراعی نیازمند مصرف آب زیادی است، این گیاه در زمره گیاهان زراعی مقاوم به کم آبی محسوب می‌شود. برای مثال چغندرقد نسبت به سیب‌زمینی متحمل‌تر به تنش کم آبی است. همچنین چغندرقد به تنش کم آبی در مقایسه با برخی از گیاهان دانه‌ای نظیر سورگوم دانه‌ای و لوبیا حساسیت کم‌تری دارد.

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

۱- طولانی بودن دوره رشد چغندر قند این امکان را فراهم می‌کند که در صورتی که در مراحل 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 چغندر قند برخلاف بسیاری از گیاهان زراعی دیگر، دوره بحرانی زایشی که بسیار حساس به کمبود آب است، وجود ندارد.

۳- چغندر قند به علت داشتن سیستم ریشه‌ای عمیق قادر به استفاده از ذخایر رطوبتی موجود در اعماق پایین‌تر است.

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

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

با وجود گزارش‌های متفاوت مبنی بر اثرات کمبود آب طی فصل رشد بر خصوصیات کیفی چغندر قند می‌توان اذعان کرد که در بیش‌تر موارد افزایش دور آبیاری بر مقدار ناخالصی‌های 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 چغندر قند بر استحصال قند تأثیر دارند و باعث کاهش آن می‌شوند.

در ارتباط با اثرات کمبود آب طی فصل رشد بر درصد قند می‌توان اظهار کرد که درصد قند در ریشه بیش‌تر 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 ریشه‌هایی که مقادیر مختلف کم‌آبی را طی فصل رشد تجربه کرده‌اند، یکسان باشد، انتظار می‌رود مقادیر درصد قند آن‌ها تفاوت معناداری با یکدیگر نداشته باشند.

به‌طور کلی برای کاهش حجم آبیاری در هر دور آبیاری زراعت چغندر قند، مقدار آب را تا حدود ۲۰ درصد نیاز آبی می‌توان کاهش داد بدون آنکه تأثیر نامطلوبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند داشته باشد. کاهش بیش از ۲۰ درصد نیاز آبی می‌تواند به تدریج باعث کاهش شدید عملکرد شود. گزارش شده است که کاهش ۲۲ تا ۵۵ درصد آب مورد نیاز می‌تواند 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 مراحل از رشد چغندر قند لازم است برنامه‌ریزی آبیاری با توجه به حساسیت مراحل رشد گیاه به کم‌آبی تنظیم شود.

حساسیت چغندر قند در مراحل رشد به کمبود آب

حساسیت چغندر قند به کمبود آب در مراحل رشدی مختلف با یکدیگر تفاوت می‌کند. مراحل رشدی چغندر قند به چهار مرحله شامل مرحله ابتدایی رشد، مرحله توسعه گیاهی، مرحله اواسط فصل رشد و مرحله نهایی رشد تقسیم می‌شود. در این قسمت مراحل رشدی و حساسیت آن‌ها به کمبود آب توضیح داده می‌شود.

مرحله ابتدایی رشد

مرحله ابتدایی رشد چغندرقد از مرحله جوانه زنی تا چهار برگ حقیقی است (یعنی زمانی که برگ‌ها حدود ۱۰ درصد سطح زمین را می‌پوشانند). از آنجایی که سطح بذور چغندرقد را لایه چوب‌پنبه‌ای 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. از این رو آبیاری مناسب در مرحله ابتدایی رشد چغندرقد برای جوانه زنی و سبز شدن 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 سبز شدن بذور چغندرقد توصیه شده است.



شکل ۲۸- سطح بذور چغندرقد را لایه چوب‌پنبه‌ای پوشانده است.

مرحله توسعه گیاهی

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

سطح زمین را می‌پوشاند) که حدوداً مصادف با اواسط خرداد در کشت زودهنگام (فروردین) است (شکل ۲۹). در این مرحله به دلیل کوچک بودن بوته‌ها و همچنین کم بودن درجه حرارت در این زمان و وجود بارندگی‌های بهاره و در نتیجه کمبود مقدار تبخیر و تعرق و تأمین مقداری از نیاز آبی چغندر قند توسط بارندگی‌های بهاره می‌توان کم آبیاری کرد. لذا چغندر قند در این مرحله رشدی به کم آبیاری مقاوم است. قطع آبیاری در این مرحله تا حدود ۵۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشک کلاس A یا تخلیه رطوبتی تا میزان حدود ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک می‌تواند 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 می‌تواند 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 چغندر قند

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 چغندر قند 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 چغندر قند به صورت بهار انجام شود، می توان چغندر قند را در اولین فرصت در اواخر زمستان یا اوایل بهار کشت کرد. سپس برای جوانه زنی، سبز کردن 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 چغندر قند (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 چغندر قند بعد از مرحله تنش، نسبت به کشت زودهنگام و عدم قطع آب آبیاری کاهش یابد. اما به هر حال 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، چغندر قند 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 می‌تواند کاهش دهد. از این رو با توجه به حساسیت بالای چغندر قند در این مرحله رشدی توصیه می‌شود برنامه آبیاری به گونه‌ای تنظیم شود که مرحله میانی رشد چغندر قند بدون تنش آبی طی شود.



شکل ۳۰- مرحله اواسط فصل رشد چغندر قند

مرحله نهایی رشد

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

در زمان مناسب در اواخر فصل رشد با کنترل مناسب رشد اندام‌های هوایی، باعث افزایش درصد قند و در نتیجه افزایش عملکرد قند در هکتار یا فقدان اختلاف معنادار عملکرد قند در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. زمان مناسب قطع آبیاری آخر فصل رشد تحت تأثیر عوامل متعددی از قبیل شرایط آب و هوایی منطقه، بافت خاک، مقدار ماده آلی خاک و ذخایر رطوبتی خاک در زمان قطع آبیاری است. بنابراین، می‌توان با در نظر گرفتن حداقل رطوبت مناسب برای برداشت چغندر قند، از ۲۰ تا ۳۰ روز قبل از برداشت از آبیاری چغندر قند صرف نظر کرد. البته باید توجه داشت که افزایش زیاد مدت قطع آبیاری ممکن است عملکرد قند را به شدت کاهش دهد. اگر در انتهای دوره رشد زودتر از معمول آبیاری قطع شود، ممکن است شرایط مناسب برای برداشت چغندر قند، به دلیل قطع آبیاری و خشک شدن زیاد خاک فراهم نباشد. در این شرایط، می‌توان قبل از برداشت آبیاری سبک انجام داد و بلافاصله بعد از رسیدن خاک به حد گاوروشدن اقدام به برداشت کرد.

دور و زمان آبیاری

مدت زمانی که در آبیاری سطحی آب آبیاری وارد کرت، نوار یا شیار می‌شود یا در آبیاری بارانی، آب به روی خاک و گیاه بارش می‌کند یا در آبیاری قطره‌ای، آب از نازل‌ها به روی سطح یا زیر خاک می‌ریزد، زمان آبیاری گفته می‌شود. فاصله بین دو آبیاری در هر کدام از روش‌های آبیاری را نیز دور آبیاری می‌گویند. دور آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی معمولاً طولانی است و بسته به قابلیت نگهداری آب در خاک، عمق توسعه ریشه گیاه، شرایط آب و هوایی، میانگین درجه حرارت شبانه روز، رطوبت نسبی محیط و مرحله رشد گیاه متفاوت است؛ ولی چون معمولاً آب آبیاری به صورت حجمی در اختیار بهره‌برداران نیست و بیش‌تر به صورت حقابه است، معمولاً دور آبیاری در تمام فصل رشد گیاه یکسان است و

فقط ممکن است کشاورز زمان آبیاری را متناسب با مرحله رشدی و نیاز آبی گیاه تغییر دهد. البته تغییر زمان آبیاری هم در این روش آبیاری در مواردی ممکن است نتیجه مطلوبی نداشته باشد. به عنوان مثال اگر زمان آبیاری کوتاه باشد، ممکن است ابتدای شیار، کرت یا نوار به حد کافی آب دریافت کرده باشد، ولی انتهای آن دچار کم آبی باشد. همچنین اگر مدت زمان آبیاری طولانی شود تا آب به حد کفایت در انتهای شیار، کرت یا نوار دریافت شود، ممکن است مقدار زیادی از آب به صورت نفوذ عمقی تلف شود.

در آبیاری قطره‌ای چون آب خروجی از قطره چکان‌ها در تمام قطعه مورد آبیاری در نزدیک ریشه گیاه می‌ریزد، امکان انجام آبیاری در فواصل کوتاه و زمان آبیاری کم و با یکنواختی توزیع مناسب در مزرعه وجود دارد.

امکان کم کردن زمان آبیاری یا کوتاه کردن دور آن در آبیاری بارانی بیش‌تر از آبیاری سطحی میسر است. هرچند، بین سیستم‌های آبیاری بارانی نیز تفاوت وجود دارد. به طور مثال در سیستم‌های آبیاری بارانی با لوله‌های جابه‌جا شونده (اصطلاح رایج کلاسیک) و دستگاه‌های آبیاری بارانی غلطکی (رول لاین) به علت زمان بر بودن جابه‌جایی محل استقرار باله آبیاری، شرایط لازم برای آبیاری با دور و عمق آب بسیار کم بسیار مشکل است؛ ولی در دستگاه‌هایی مانند سنترپیوت (عقربه‌ای) یا لاینر (آب‌فشان خطی) امکان انجام آبیاری با دور و عمق آب کم میسر است. در سیستم‌های مذکور معمولاً کشاورزان هم‌زمان با رشد گیاه و عمیق‌تر شدن ریشه گیاه، سرعت حرکت دستگاه را کم می‌کنند که به افزایش عمق آب آبیاری و افزایش دور آبیاری منجر می‌شود.

به طور کلی مقدار آبی که باید در هر نوبت به زمین داده شود، به رطوبت خاک مزرعه قبل از آبیاری و عمق توسعه ریشه بستگی دارد که از فرمول زیر قابل محاسبه است:

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

که در آن Θ رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری، f_c درصد رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی، D_{rz} عمق توسعه ریشه‌ها (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 ریشه‌ها 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؟

$$\text{عمق آب آبیاری (سانتی متر)} = 9/1 = 60 \div (32 - 21) \times 50$$

$$\text{مقدار آب آبیاری در هکتار (مترمکعب)} = 910 = 9/1 \times 100$$

کشاورزان ممکن است به روش‌های مختلف دور آبیاری را اعمال کنند. در اینجا سه روش کاربردی که می‌تواند در زراعت چغندر قند کاربرد داشته باشد، توضیح داده شده است.

تنظیم دور آبیاری چغندر قند بر اساس تعداد روز

بسیاری از کشاورزان در بسیاری موارد به طور سنتی دور آبیاری را بر اساس تعداد روز بین دو مرحله حقابه‌شان تعیین می‌کنند. 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 زمان‌های 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 می‌کنند. 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 نمی‌شود. در خاک‌های سبک، فواصل آبیاری

کوتاه‌تر و در خاک‌های سنگین فواصل آبیاری طولانی در نظر گرفته می‌شود. بر اساس تحقیقات اگر دور آبیاری بیش از ۱۱ روز باشد، با افزایش آن به تدریج عملکرد کاهش می‌یابد. بیش‌ترین گزارش از کاهش عملکرد موجود در دور آبیاری ۱۸ روز است. در این شرایط با وجود صرفه‌جویی حدود ۴۲ درصد آب نسبت به دور آبیاری ۹ روز، عملکرد ریشه و قند به شدت کاهش می‌یابد و به ترتیب می‌تواند به کاهشی حدود ۳۷ و ۳۵ درصد برسد.

توصیه می‌شود در شرایطی که دور آبیاری بر اساس روز تعیین می‌شود، در شرایط نبود بارندگی مؤثر برای حصول به حداکثر عملکرد دور آبیاری بیش‌تر از ۱۱ روز نباشد. در شرایط محدودیت آب و ناتوانی از آبیاری در زمان تعیین شده در اوایل فصل و همچنین اواخر فصل رشد به دلیل نسبتاً سرد بودن هوا و همچنین امکان وجود بارندگی می‌توان تا حدی دور آبیاری را افزایش داد.

در روش آبیاری قطره‌ای نواری برای استفاده مطلوب از منابع آب در طول فصل رشد توصیه شده است از مرحله ابتدایی رشد، دور آبیاری ۲ روز، از شروع مرحله توسعه گیاهی تا پایان اواسط فصل رشد ۳ روز، و در مرحله نهایی رشد دور آبیاری به ۴ تا ۵ روز افزایش یابد. همچنین حدود ۱۰ روز قبل از برداشت ریشه‌ها، آبیاری قطع شود و نوارهای آبیاری از سطح مزرعه جمع‌آوری شوند.

تنظیم دور آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک

مقدار رطوبت خاک نشانگر مقدار آب (برحسب میلی‌متر) موجود در هر یک متر عمق خاک است. به‌طور مثال هرگاه اعلام شود که مقدار آب خاکی ۱۵۰ میلی‌متر است، مفهومش این است که در هر یک متر عمق خاک، مقدار ۱۵۰ میلی‌متر آب وجود دارد.

مقدار رطوبت خاک به‌صورت درصد در حجم خاک نیز بیان می‌شود. هر ۱۰۰ میلی‌متر آب در یک متر عمق خاک، برابر ۱۰ درصد حجمی است. لذا

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 در حال تغییر است.

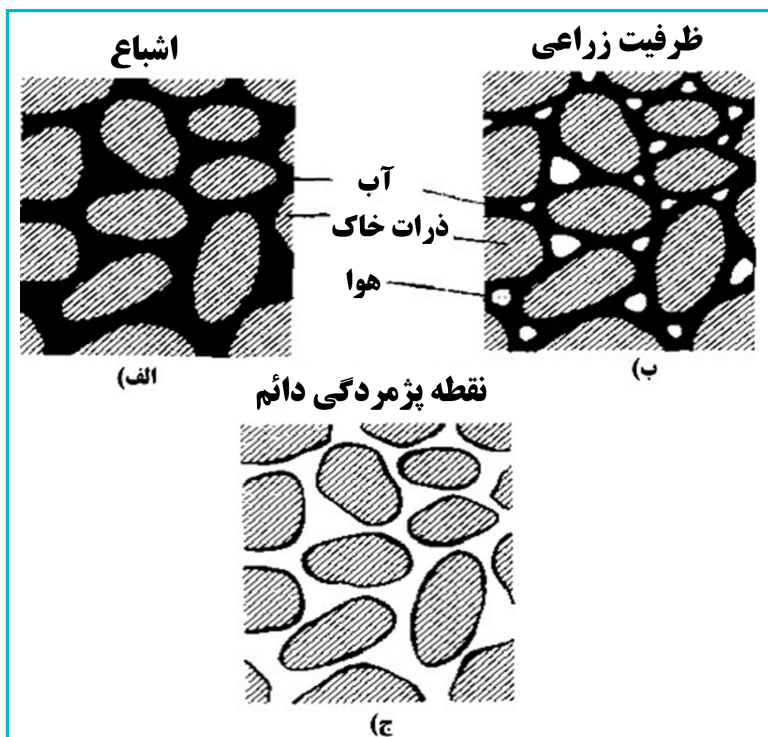
در طی بارندگی شدید یا آبیاری، اگر همه منافذ موجود در خاک با آب پر شود و هیچ هوایی در این منافذ وجود نداشته باشد، در این صورت این خاک اشباع نامیده می شود (شکل ۳۱ الف). برای تشخیص خاک اشباع کافی است خاک در مشتم فشار داده شود؛ اگر مقداری آب گل آلود از آن خارج شود، آن خاک اشباع است.

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 تر 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 شده اند. 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).

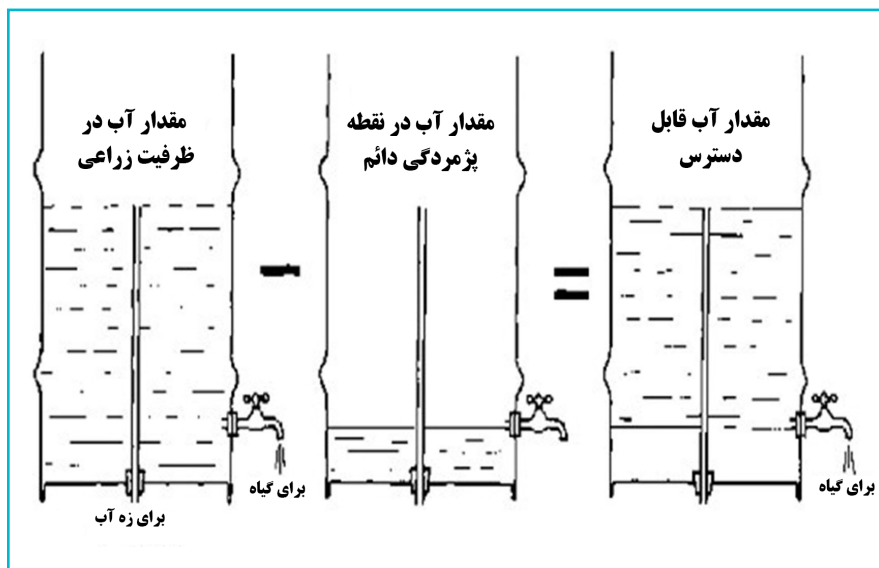
پس از رسیدن به مرحله ظرفیت زراعی، آب ذخیره شده به تدریج به وسیله ریشه گیاه یا تبخیر از لایه بالایی خاک به طرف اتمسفر حرکت می کند و اگر آبی به خاک اضافه نشود، خاک خشک تر می شود. هرچه خاک خشک تر شود، ذرات باقی مانده آب با قدرت بیش تری به خاک می چسبند و جذب آن به وسیله گیاه سخت تر می شود و در یک مرحله خاص، 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 می‌رود. مقدار آب خاک در مرحله‌ای که گیاه از بین می‌رود، نقطه پژمردگی دائم نامیده می‌شود. 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 می‌شود، برای گیاه قابل استفاده نیست و تنها مقدار رطوبتی که در حد فاصل ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است می‌تواند 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 خاک‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- محدوده مقادیر مختلف رطوبت در بافت‌های مختلف خاک

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

معمولاً دور آبیاری‌های تا تخلیه حدود ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک عملکرد کمی و کیفی چغندر قند تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد؛ اما در صورتی که مقدار

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

در شرایطی که امکان اندازه‌گیری 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 می‌دهند، می‌تواند بسیار کاربردی باشد.

تنظیم دور آبیاری بر اساس تشتک تبخیر

برای تعیین زمان مناسب آبیاری می‌توان 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 اندازه‌های مختلف ساخته می‌شود. ارتفاع تشتک تبخیر کلاس A، ۵۴ و قطر آن ۱،۲۰۶ میلی‌متر است. تشتک تبخیر را روی یک پایه چوبی و در سطح زمین قرار می‌دهند. باید توجه داشت که حتماً قبل از استفاده از تشتک از تراز بودن آن روی سطح زمین اطمینان حاصل کرد. در محل قرارگیری تشتک نباید هیچ‌گونه 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

میزان تبخیر از تشتک و همچنین میزان بارش جمع شده در داخل تشتک به صورت روزانه اندازه‌گیری می‌شود. مقدار تبخیر از تشتک تابع درجه حرارت هوا، باد و همچنین دیگر شرایط محیطی است. با اندازه‌گیری مقدار تبخیر از تشتک در واقع اثرات ترکیبی درجه حرارت، رطوبت، سرعت باد و تابش آفتاب بر تبخیر و تعرق ایجاد شده در گیاه مرجع (چمن) اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری دقیق مقدار تبخیر لازم است موارد زیر رعایت شود:

- ◆ تشتک در مزرعه نصب شود.
- ◆ هر ۲۴ ساعت یک بار ارتفاع آب اندازه‌گیری 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 می‌باید به ابتدای زمان اندازه‌گیری برسد. همچنین در صورت اضافه شدن آب به تشتک (به دلیل بارندگی) می‌باید آب اضافه شده تخلیه شود. به عبارت دیگر ارتفاع آب در شروع هر دوره اندازه‌گیری باید ثابت باشد.

◆ مقدار تبخیر در واحد زمان (اختلاف بین دو عمق ارتفاع آب) (میلی متر در ۲۴ ساعت) ثبت شود.

برای محاسبه مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی متر در ۲۴ ساعت) از رابطه زیر استفاده می شود:

$$\text{مقدار تبخیر و تعرق} = \text{مقدار آب تبخیر شده} \times \text{ضریب تشتک}$$

علت ضرب کردن ضریب تشتک (Kpan) در مقدار آب تبخیر شده 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 می شود 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 می شود:
- 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 می شود:
- 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 تشنگ استفاده شود. اما برای دقت بیش تر می توان برای تعیین مقدار ضریب تشنگ از جدول ۸ (فقط برای تشنگ کلاس A) استفاده کرد.

جدول ۸- مقدار ضریب تشتك (Kpan) کلاس A

تشتک A	حالت اول: تشتک در سطح مزرعه قرار گرفته است	حالت دوم: تشتک در سطح زمین آیش قرار گرفته است
میلگین رطوبت RH نسبی (درصد)	فاصله تشتک از زمین کاشته شده (متر)	فاصله تشتک از زمین آیش (متر)
	کم (کم تر از ۴۰)	کم (کم تر از ۴۰)
	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)
	زیاد (بیش از ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)
کم تر از ۲	۱۰۰۰	۱۰۰۰
	۰/۷۵	۰/۷۵
	۰/۸۵	۰/۸۵
	۰/۹۰	۰/۸۵
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۱۰	۱۰
	۰/۷۰	۰/۷۰
	۰/۸۵	۰/۸۵
	۰/۹۰	۰/۸۵

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

تشنک کلاس A	حالت اول: تشنک در سطح مزرعه قرار گرفته است	حالت دوم: تشنک در سطح زمین آیش قرار گرفته است	حالت اول: تشنک در سطح مزرعه قرار گرفته است	حالت دوم: تشنک در سطح زمین آیش قرار گرفته است	تشنک کلاس A
میانگین رطوبت نسبی RH (درصد)	زیاد (بیش از ۷۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	کم (کم‌تر از ۴۰)	فاصله تشنک از زمین آیش (متر)	میانگین رطوبت نسبی RH (درصد)
سرعت باد (متر بر ثانیه)	فاصله تشنک از زمین کاشته شده (متر)	۱	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۸۰
	۱۰	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۷۰
	۱۰۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۶۵
	۱۰۰۰	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۸۵	۰/۶۰
	۱	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۷۰
متوسط بین ۲ تا ۵	۱۰	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۶۵
	۱۰۰	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۵۰	۰/۶۰
	۱۰۰۰	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۴۵	۰/۵۵
	۱	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۷۰
شدید بین ۵ تا ۸	۱۰	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۴۵	۰/۶۰
	۱۰۰۰	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۴۰	۰/۵۵

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

تشنگ کلاس A	حالت اول: تشنگ در سطح مزرعه قرار گرفته است	حالت دوم: تشنگ در سطح زمین آیش قرار گرفته است						
میانگین رطوبت RH نسبی (درصد)	فاصله تشنگ از زمین کاشته شده (متر)	کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)	فاصله تشنگ از زمین آیش (متر)	کم (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	زیاد (بیش از ۷۰)
سرعت باد (متر بر ثانیه)	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
خیلی شدید بیش از ۸								

در ادامه برای تفهیم بیش تر یک مثال آمده است.
محاسبه مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن) با مفروضات ذکر شده 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

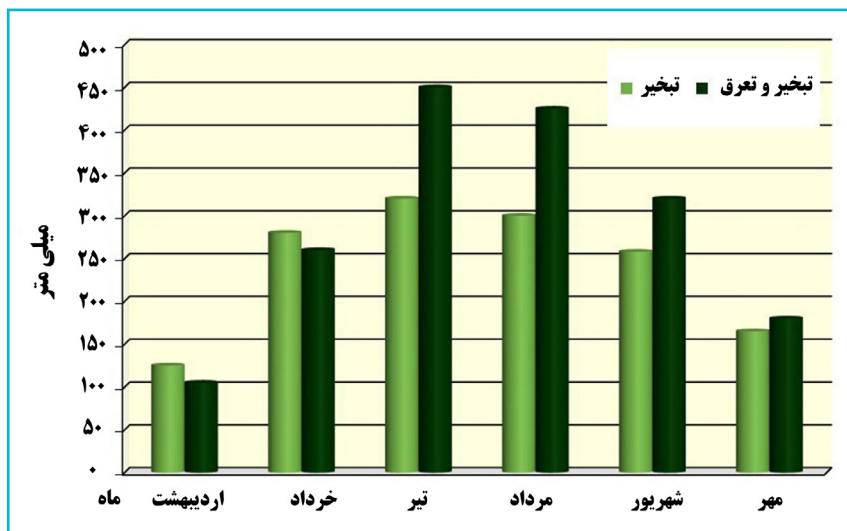
ضریب تشتک: ۰/۷۵

محاسبه مقدار تبخیر: میلی متر در روز $150 - 144 = 6$

تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن): میلی متر در روز $6 \times 0.75 = 4.5$

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 صدصد منطبق نیست و لازم است در این ارتباط ملاحظات 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 تنش در چغندر قند 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 چغندر قند طی فصل رشد

عملکرد چغندر قند معمولاً در شرایط آبیاری نشتی، در آبیاری‌های با دور بیش از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A کاهش می‌یابد. آبیاری پس از ۱۳۰ تا ۲۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A می‌تواند عملکرد ریشه را از ۱۶ تا ۴۸ درصد و عملکرد شکر سفید را از ۱۳ تا ۴۷ درصد نسبت به آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر کاهش دهد. گزارش شده است که در شرایط دور آبیاری بر مبنای ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، بیش‌ترین سود ناخالص هر واحد آب در مزرعه (ریال بر مترمکعب) را نصیب کشاورز می‌کند. لذا در صورت محدودیت آب می‌توان تا ۱۰۰ میلی‌متر 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 میلی‌متر کاهش یابد، اما به دلیل صرفه جویی در مصرف آب، بیش‌ترین سود ناخالص نصیب کشاورز می‌شود.

در شرایط آبیاری تیپ در دور آبیاری بر اساس ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در زمان آبیاری، بیش‌ترین عملکرد ریشه و قند حاصل می‌شود. 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 می‌تواند 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 کم‌ترین 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 می‌دهد. لذا در شرایط آبیاری قطره‌ای نواری (نیپ) نیز برای صرفه جویی در مصرف آب و درعین حال کم‌ترین 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 چغندر (قند) در مراحل مختلف رشد در روش آبیاری شیاری

دور آبیاری بر اساس				مراحل رشد
تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک	بر اساس تبخیر از تشتک کلاس A	بر اساس تعداد روز		
دو نوبت آبیاری به فواصل ۳ تا ۵ روز بلافاصله پس از کاشت انجام شود.			جوانه زنی و سبز کردن	
در حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد تنظیم شود.	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 محدوده ۵ تا ۱۱ روز باتوجه به بافت خاک می‌تواند تنظیم شود. در خاک‌های سبک کوتاه‌تر و در خاک‌های سنگین‌تر طولانی‌تر است.	پس از سبز کردن	
یک مرحله آبیاری قبل از برداشت می‌تواند حذف شود.			زمان رسیدگی	

آبیاری هوشمند

همان‌طور که اشاره شد، در هر روش آبیاری تعیین زمان آبیاری مزارع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بی‌اطلاعی کشاورزان از زمان آبیاری و مقدار آب مورد نیاز مزرعه باعث می‌شود گیاه یا دچار کم‌آبی شود یا اینکه آبی بیش‌تر از مقدار مورد نیاز به مزرعه داده شود. فناوری‌های جدید در زمینه ساخت سنسورها، رایانه‌ها، تلفن‌های هوشمند همراه، ادوات و ماشین‌آلات کشاورزی مجهز به سیستم‌های رایانه‌ای و اینترنت اشیا جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی و به تبع

روش‌های 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 قسمت‌های 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 روش‌های آبیاری قابل اجراست، ولی آبیاری هوشمند بیش‌تر در سیستم‌های آبیاری تحت فشار اجرایی شده است. به دلیل اینکه آبیاری هوشمند در ایران در مراحل آغازین است، در ادامه صرفاً به بحث‌آشنایی با آن پرداخته شده است.

ضرورت استفاده از سیستم آبیاری هوشمند

با توجه به مسئله کمبود آب در کشور ایران و خشک‌سالی، برای مدیریت آب نیازمند سیاست‌گذاری 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 می‌تواند توسط کاربر به صورت ثابت یا قابل تغییر برنامه‌ریزی شود. این برنامه‌ریزی بر اساس محیط و نوع گیاهی است که برای آبیاری آن از سیستم آبیاری هوشمند استفاده می‌شود.

مزایای سیستم آبیاری هوشمند

مهم‌ترین مزیت سیستم آبیاری هوشمند استفاده بهتر از آب است. علاوه بر آن کشاورز می‌تواند به راحتی در هر زمان و مکانی باغ و زمین کشاورزی خود را به صورت منظم و دقیق آبیاری کند تا گیاهان و درختان کم‌تر دچار کم‌آبی یا بی‌آبی شوند یا آب اضافه به آنان داده نشود.

کارکرد سیستم آبیاری هوشمند

سیستم آبیاری هوشمند می‌تواند میزان رطوبت خاک را اندازه بگیرد و زمان آبیاری را تشخیص دهد (شکل ۳۶). با سیستم آبیاری هوشمند می‌توان برای صرفه‌جویی بیش‌تر زمان شروع و پایان آبیاری را در ساعاتی زمان‌بندی و تعیین کرد که دمای هوا پایین است. حسگرها یا سنسورهایی در مناطق مختلف مزرعه نصب می‌شوند، مقدار رطوبت خاک را پایش می‌کنند و به سیستم کنترل مرکزی هوشمندسازی منتقل می‌کنند. سیستم کنترل مرکزی با اطلاعاتی که از قبل در آن تعریف شده است یا با استفاده از اطلاعات هواشناسی و ماهواره‌ای، زمان و مقدار آب آبیاری را تعیین می‌کند و به اطلاع کاربر می‌رساند. بدیهی است در صورت خودکاربودن کل سیستم و آماده‌بودن زیرساخت‌های لازم، می‌توان حتی آبیاری قطعات را به نوبت انجام دهد. به عبارت دیگر، در صورت تشخیص می‌تواند جریان آب را قطع یا وصل کند.

اجزاء سیستم آبیاری هوشمند

۱- سیستم کنترل مرکزی

مهم‌ترین قسمت سیستم آبیاری هوشمند است که از طریق آن تمامی موارد لازم برای گیاه را کنترل و مدیریت می‌کند. در سیستم کنترل مرکزی تمامی اطلاعات و دستورها و برنامه‌ریزی‌ها ذخیره و اجرا می‌شود. در مواقعی که سیستم کنترل مرکزی در دسترس نیست و در مکان دیگری هستید می‌توانید 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 می‌گیرد و آن‌ها را پردازش می‌کند و سپس بر اساس اطلاعات تحلیل شده زمین را آبیاری می‌کند.

۳- حسگرها

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

۴- ایستگاه هواشناسی

ایستگاه هواشناسی که ممکن در مزرعه وجود داشته باشد، به صورت خودکار اطلاعات هواشناسی را به سیستم می‌فرستد. در صورت هرگونه مشکل در جو این سیستم خطر را اعلام می‌کند و در این صورت آبیاری متوقف می‌شود. به طور خلاصه می‌توان گفت سیستم آبیاری هوشمند از روش‌های نوین برای کنترل مصرف آب و انرژی است و معایب آبیاری قطره‌ای و بارانی را ندارد. همچنین با استفاده از سیستم آبیاری هوشمند می‌توان کیفیت محصولات را نیز بالا برد. در مجموع با توجه به زیرساخت‌های موجود در کشور از سیستم آبیاری دقیق می‌توان در آبیاری سطحی استفاده کرد و سیستم‌های هوشمند را برای آبیاری‌های نوین تحت فشار (به ویژه قطره‌ای) استفاده کرد.



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



شکل ۳۶- آبیاری هوشمند زراعت چغندر قند با استفاده از حسگرهای 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 سانج. ۱۳۸۷. استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در مزارع چغندرقد. نشریه فنی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- ۴- طالقانی، د.، صادق‌زاده‌حمایتی، س. و مصباح، م. ۱۳۸۹. سند ملی راهبردی تحقیقات چغندرقد. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد.
- ۵- طالقانی، د.، محمدیان، ر. و صادق‌زاده‌حمایتی، س. ۱۳۹۶. راهنمای کاشت، داشت و برداشت چغندرقد پاییزه (ویرایش دوم). معاونت ترویج و نشر آموزش کشاورزی.
- ۶- علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم‌های 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 سیستم‌های 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، بهره‌برداری و مدیریت سیستم‌های آبیاری میکرو. انتشارات دانشگاه رازی.
- ۱۲- کوک، دی. ا. و اسکات، آر. کی. ۱۳۷۷. چغندرقد از علم تا عمل. نشر علوم کشاورزی.
- ۱۳- محمدیان، ر. ۱۳۹۲. آبیاری چغندرقد در تدوین استانداردهای تعیین ظرفیت و ارزیابی خسارت به تفکیک عوامل مدیریتی و قهری در مراحل مختلف رشد در مزارع چغندرقد. تألیف اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ص. ۹۱-۱۲۰.
- ۱۴- محمدیان، ر. ۱۳۹۴. مدیریت کم‌آبیاری در زراعت چغندرقد. مروج. شماره ۱۵۲-۱۵۳. ص. ۳۱-۳۶.

۱۵- محمدیان، ر. و باغانی، ج. ۱۳۹۶. آبیاری قطره‌ای-نواری در زراعت چغندر قند. 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 روش‌های آماده‌سازی بستر کاشت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد کمی و کیفی چغندر قند. 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 چغندر قند در شرایط تنش خشکی. مجله چغندر قند. ۳۲(۱): ۳۷-۴۹.

۱۸- یوسف‌آبادی، و. ۱۳۹۷. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی بررسی کشت نشایی چغندر قند پس از آبیگری غلات. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند.

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

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