

مدیریت آبیاری در زراعت سیب زمینی

سید معین‌الدین رضوانی^{۱*}

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

*نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.rezvani@areo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۴

تاریخ انجام اصلاحات: ۱۴۰۳/۰۷/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳

چکیده

افت سطح ایستابی در دشت‌های عمده سیب‌زمینی کاری استان همدان در چند دهه گذشته سبب کاهش آبدهی چاه‌های کشاورزی و در نتیجه کم‌آبیاری ناخواسته در زراعت سیب‌زمینی شده است. مدیریت صحیح آبیاری با کاهش اثرات کم‌آبیاری و نیز جلوگیری از بیش‌آبیاری در شرایط موجود نه تنها به بهبود عملکرد کمی و کیفی در زراعت سیب‌زمینی بلکه به حفظ منابع آبی نیز کمک می‌کند. دامنه بهینه رطوبت خاک در زمان کشت سیب‌زمینی حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد آب قابل دسترس خاک (کمی کم‌تر از ظرفیت مزرعه) است. در این مرحله رطوبت زیادی خاک سبب کندی گرم شدن خاک و تأخیر در جوانه‌زدن و سبز شدن بذر، افزایش پوسیدگی غده‌های بذر و پیری فیزیولوژیک بذر کاشته شده می‌شود. در زمان داشت، میانگین آب قابل دسترس خاک در ناحیه ریشه می‌بایست بین ۶۵ تا ۸۵ درصد نگهداری شود. سیب‌زمینی در آغاز غده‌زایی و رشد اولیه غده به تنش آبی حساس است. زیادی آب در آخر فصل رشد نیز سبب توسعه و خسارت بیماری‌های باکتریایی می‌شود. برای تشکیل پوست غده‌ها و کامل شدن آن‌ها در زمان خشکیدن شاخ و برگ‌ها، آب قابل دسترس خاک باید به حدود ۶۰ تا ۶۵ درصد برسد. پیش از برداشت، آبیاری باید شرایط را برای بهینه شدن شرایط خاک و میزان آبداری غده‌ها در هنگام برداشت مهیا کند. در این مرحله نیز باید از خیس شدن خاک به دلیل افزایش قابلیت لهیدگی، پارگی و بریدگی، جراحات و خراش و نیز مشکل سختی جدا شدن خاک از غده‌ها و مسائل پوسیدگی انباری جلوگیری کرد.

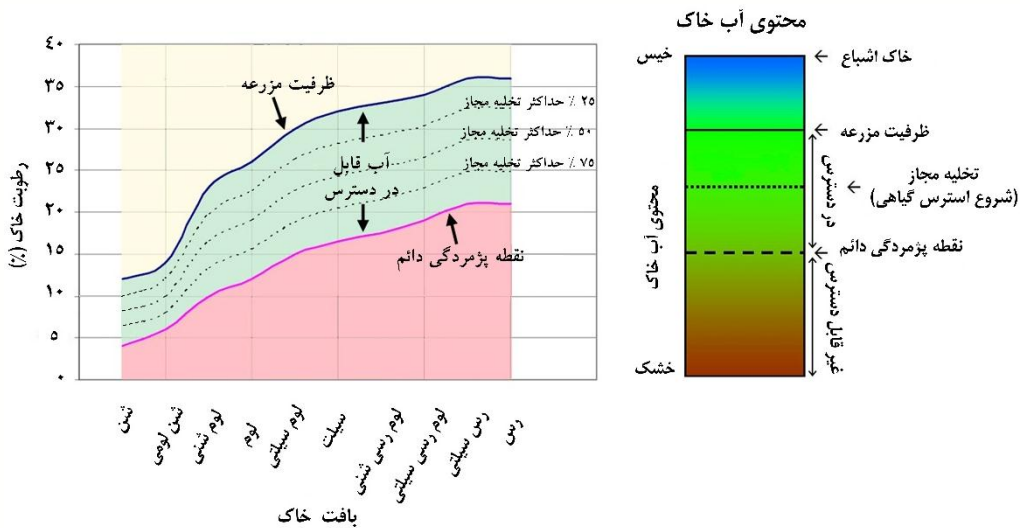
واژه‌های کلیدی: عملکرد، کم‌آبیاری، محتوای آب در خاک، مراحل رشد

مدت فصل رشد با کاربرد به موقع و کنترل شده آب مورد نیاز محصول است.

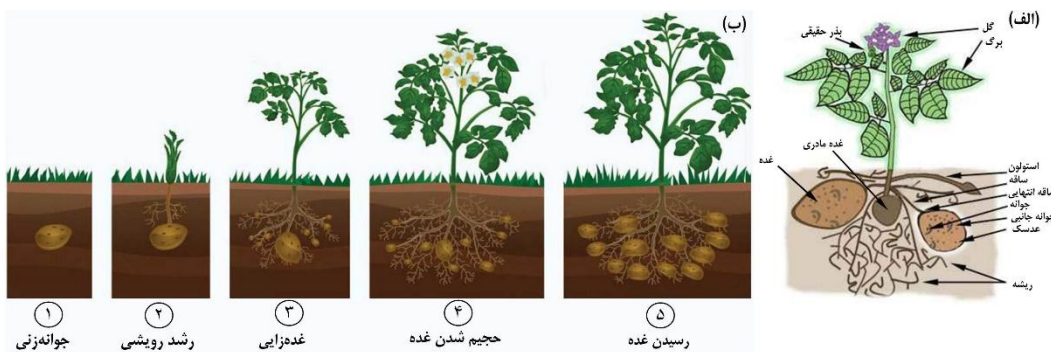
یکی از علل حساسیت سیب زمینی به کمبود آب، عمق محدود ریشه دهی آن است. با توجه به ساختار ریشه ای کم عمق سیب زمینی، معمولاً ۷۰ درصد از کل آب از لایه ۰/۳ متری و ۱۰۰ درصد از ۰/۴ تا ۰/۶ متری از سطح خاک جذب می شود. به هر حال، الگوی جذب آب بستگی به بافت و ساختمان خاک دارد. مقدار آب قابل دسترس و بیشینه تخلیه مجاز در بافت های مختلف خاک در شکل (۱) نشان داده شده است.

در شکل (۲) اجزاء گیاه سیب زمینی (۲-الف) و (۹) و مراحل رشد سیب زمینی شامل: جوانه زنی، رشد رویشی، غده زایی، حجیم شدن و رسیدن غده ها (۲-ب) نشان داده شده است (۳).

در چند دهه گذشته افت سطح ایستابی در دشت های عمده استان همدان همانند وضعیت موجود در سایر دشت های کشور سبب کاهش تدریجی و مداوم آبهی چاه های کشاورزی و در نتیجه کم آبیاری ناخواسته در زراعت سیب زمینی شده است. با توجه به شرایط کم آبی و محدودیت منابع آبی در استان همدان، مدیریت کارآمد آب برای کشاورزان بسیار حیاتی است. مدیریت صحیح آبیاری نه تنها بر بهبود عملکرد کمی و کیفی در زراعت سیب زمینی مؤثر است بلکه به حفظ منابع آبی نیز کمک می کند. کم آبیاری یا بیش آبیاری در هر مرحله رشد محصول می تواند بر عملکرد کمی و کیفی، رشد و توسعه بیماری ها و کارایی مصرف کود مؤثر باشد. هدف از مدیریت آبیاری در زراعت سیب زمینی، بیشینه کردن عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی با نگهداری رطوبت خاک در دامنه مناسب در تمام



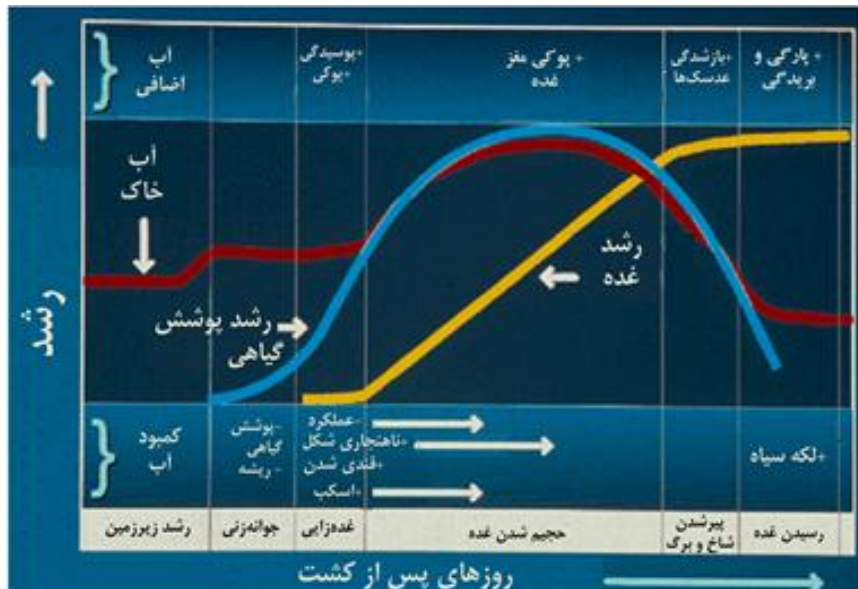
شکل ۱- مقدار آب قابل دسترس و بیشینه تخلیه مجاز در بافت های مختلف خاک



شکل ۲- (الف) اجزاء گیاه سیب زمینی و (ب) مراحل رشد سیب زمینی

تشکیل غده‌های زیرزمینی و شکل‌گیری عملکرد، بیش‌ترین اثر سوء را بر عملکرد دارد (۷). سیب‌زمینی در دوره رشد رویشی و رسیدگی به کمبود آب حساس می‌باشد. به‌طور کلی، کمبودهای آب در اواسط تا اواخر دوره رشد در مقایسه با اوایل دوره رشد، بیش‌تر سبب کاهش عملکرد محصول می‌شود (۶). در عین حال ارقام مختلف سیب‌زمینی نسبت به کمبود آب حساسیت‌های مختلفی نشان می‌دهند. درحالی‌که بعضی ارقام در اوایل دوره شکل‌گیری عملکرد، واکنش بهتری به آبیاری نشان می‌دهند دیگر ارقام در اواخر این دوره چنین واکنشی دارند. عملکرد ارقامی که تعداد کم‌تری ساقه زیرزمینی تولید می‌کنند نسبت به ارقامی که تعداد زیادتری ساقه زیرزمینی تولید می‌کنند، کم‌تر تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرد (۲).

تنش آبی در مرحله رشد رویشی و تا قبل از مرحله تشکیل غده‌ها سطح برگ، تعداد ساقه‌های فرعی، ساختار ریشه، ارتفاع بوته و به‌طور کلی نمو پوشش سبز گیاه را کاهش می‌دهد. سومین مرحله رشد سیب‌زمینی مرحله تشکیل غده است که تنش آبی در این مرحله یکی از اجزای عملکرد یعنی تعداد غده در بوته را کاهش می‌دهد. چهارمین مرحله رشد گیاه سیب‌زمینی، مرحله حجیم شدن غده‌ها است. در این مرحله تنش آبی به‌شدت عملکرد و کیفیت محصول را کاهش می‌دهد. آخرین مرحله رشد گیاه سیب‌زمینی، مرحله رسیدگی است. در این مرحله پوشش سبز گیاهی کاهش یافته و پوست غده‌ها کامل شده و نیاز آبی کاهش می‌یابد (شکل ۳) (۴). سیب‌زمینی به کمبود آب در خاک نسبتاً حساس می‌باشد. کمبود آب در دوره تشکیل ساقه‌های رونده (استالونها)، شروع



شکل ۳- تغییرات آب در خاک، رشد پوشش گیاهی، رشد غده و اثرات آب اضافی و کمبود آب در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی (اثر کاهشی با علامت (-) و اثر افزایشی با علامت (+))

وقتی بارندگی کم و آب آبیاری محدود باشد، تقویم آبیاری بایستی براساس پرهیز از کمبود آب در دوره تشکیل ساقه‌های رونده و شروع تشکیل ساقه‌های زیرزمینی (شکل ۲- ب) و شکل‌گیری عملکرد باشد (۷). محدودیت تأمین آب می‌تواند در دوره‌های اولیه رشد رویشی و رسیدگی اعمال شود. صرفه‌جویی در آب نیز می‌تواند در دوره‌ای که رشد محصول به طرف رسیدگی می‌رود (۶)، از طریق افزایش درصد تخلیه آب خاک انجام شود، یعنی همه آب قابل استفاده خاک در منطقه

معرفی دستاورد

از آنجا که سیب‌زمینی محصولی است که هم مقدار و هم کیفیت آن هر دو مطرح و مهم می‌باشند، از این‌رو در شرایط محدودیت آب، مصرف آب موجود به‌منظور بیشینه کردن عملکرد در واحد سطح به توزیع آب محدود در سطح وسیع با عملکرد کم، برتری دارد. صرفه‌جویی در مصرف آب در بیش‌تر موارد می‌تواند با اصلاح دور و ارتفاع آب آبیاری انجام شود.

تحت شرایط آبی مطلوب دمای پوشش گیاهی کم تر از دمای هوا می شود. تحت کمبود آب گیاه، روزه های برگ ها برای مقابله با از دست دادن آب بسته می شوند. نشانه فیزیکی این عمل افزایشی در دمای برگ پوشش گیاهی ناشی از کمبود کاهش تبخیر است که عامل خنک کننده برگ ها می باشد. هم زمان با بسته شدن روزه ها که آب تلف شده از برگ ها را کاهش می دهد، جذب دی اکسید کربن به وسیله برگ ها نیز کاهش می یابد. این مسئله باعث آهسته شدن فتوسنتز و کاهش تولید نشاسته و قند به وسیله گیاه و انتقال آن ها از برگ ها به غده ها می شود. عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی بستگی به بیشینه کردن تجمع دائمی نشاسته و قند در غده دارد. وقتی تولید این مواد اضافه بر نیاز تنفس و ادامه رشد گیاه می شود، در داخل غده ها ذخیره می شوند.

کمبود آب، رشد گیاه را به وسیله کاهش فشار آب داخلی سلول های گیاهی (فشار آماس) که برای نمو ضروری است، کاهش می دهد. کاهش رشد ساقه و برگ، ظرفیت کل فتوسنتز را محدود می کند در حالی که کاهش توسعه ریشه قابلیت گیاه برای جذب آب و مواد غذایی را کاهش می دهد. کمبود آب هم چنین الگوی رشد طبیعی غده را با کاهش یا قطع کردن رشد غده مختل می کند. رشد غده بعد از جبران کمبود آب گیاه ادامه می یابد اما قطع سرعت رشد طبیعی غده، ممکن است که باعث بد شکل شدن غده مانند: ناهنجاری تشکیل غده چه از جوانه انتهایی و دمبلی شدن انتهایی غده شود (شکل ۴). دامنه زیاد نوسان رطوبت خاک فرصت بیش تری را برای توسعه این نوع اثرات بر غده ایجاد می کند. رشد ترک خوردگی (شکاف) می تواند همراه با دامنه نوسان آب خاک قابل دسترس و متناظر با تغییرات آماس و حجم بافت های داخلی باشد (۲). سیب زمینی به ویژه در آغاز غده زایی و رشد اولیه غده به تنش آبی حساس است. کمبود آب در این زمان می تواند عملکرد را به دلیل افزایش غده های بد شکل کاهش دهد. تنش آبی اوایل فصل نیز می تواند وزن مخصوص را کاهش و مقدار قندی شدن^۱ یا کدر شدن انتهایی^۲ را افزایش دهد.

ریشه به مصرف برسد. این عمل موجب تسریع در رسیدن محصول نیز می شود. به عبارت دیگر با زمان بندی صحیح آبیاری، امکان حذف یک تا سه بار آبیاری که شامل آبیاری قبل از برداشت نیز می شود، امکان پذیر خواهد بود (۲). اثر میزان رطوبت خاک در زمان کاشت، در مرحله داشت و نیز در هنگام برداشت سیب زمینی در زیر تشریح شده است:

کاشت

دامنه بهینه رطوبت در زمان کشت حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد آب قابل دسترس خاک (۲۰ تا ۳۰ درصد بیشینه تخلیه مجاز رطوبتی خاک و کم تر از ظرفیت مزرعه) است (شکل ۱). این رطوبت شرایطی آرمانی را برای کاشت و جوانه زدن اولیه فراهم می کند. شرایط خاک بیش از حد مرطوب، ممکن است که گرم شدن خاک را کند کرده و رشد و ظهور جوانه ها را به تأخیر بیندازد. شرایط خاک سرد و مرطوب، می تواند با افزایش پوسیدگی ناحیه ای بذر و نیز افزایش پیری فیزیولوژیک آن سبب بیش تر شدن تعداد ساقه ها و غده ها شود. خاک های خیلی خشک باید قبل از کاشت آبیاری شوند تا از مشکلات احتمالی پوسیدگی ناحیه ای بذر که گاهی از آبیاری بین کاشت و سبز شدن ناشی می شود، جلوگیری شود (۷).

داشت

به طور کلی، میانگین آب قابل دسترس خاک در ناحیه ریشه در دوره رشد فعال سیب زمینی برای کسب نتیجه بهینه می بایست بین ۶۵ تا ۸۵ درصد (۱۵ تا ۳۵ درصد بیشینه تخلیه مجاز رطوبتی خاک) نگهداری شود. در عمل در زمانی کمی قبل و بعد از آبیاری، آب قابل دسترس خاک در ناحیه ریشه در دامنه کمی بالا و پائین این مقادیر (۶۵ تا ۸۵ درصد) قرار دارد (۲). حساسیت سیب زمینی به تنش آبی به احتمال زیاد ناشی از ساختار ریشه سطحی (شکل ۲- الف) است. یکی از اولین پاسخ های گیاه در اثر کمبود آب بر روی رشد برگ ها، روزه ها و غده ها ظاهر می شود. اولین پاسخ گیاه، بستن روزه ها است. تبخیر آب از برگ ها سبب خنک شدن برگ ها می شود، در نتیجه

^۲- Translucent ends

^۱- Sugar end



شکل ۴- ناهنجاری شکل غده بر اثر تنش آبی

عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی به آب زیاد خاک نیز حساس است. آب اضافی خاک ناشی از آبیاری مکرر یا زیاد و یا بارندگی در طی هر مرحله رشد با آبیاری نیترات- نیتروژن به زیر منطقه ریشه به صورت ذاتی باعث کمبود نیتروژن گیاهان، کاهش کارایی مصرف کود و افزایش صدمات به آب زیرزمینی می شود. اشباع بودن نیمرخ خاک برای ۸ تا ۱۲ ساعت می تواند سبب صدمه به ریشه ناشی از فقدان اکسیژن لازم برای تنفس طبیعی شود. برای رسیدن به عملکرد بیشینه، محتوای رطوبت خاک بایستی نسبتاً بالا نگهداشته شود. این توصیه ممکن است که اثر بدی نیز داشته باشد، چون آبیاری متناوب با آب سرد ممکن است درجه حرارت خاک را به کم تر از مقدار بهینه آن (۱۵ تا ۱۸ درجه سلسیوس) که برای شکل گیری ساقه های زیرزمینی لازم است، کاهش دهد. همچنین، مشکلات ناشی از عدم تهویه مناسب خاک در خاک های مرطوب با بافت سنگین را موجب شود (۲).

سیب زمینی که در کل دوره رشد رویشی و آغاز غده زایی زیادی آبیاری شده باشد، قابلیت بیش تری برای توسعه قهوه ای شدن مغز غده^۵ (شکل ۶- الف) (۵) و تو خالی شدن مغز غده^۶ (شکل ۶- ب) دارد (۱۰) و عموماً بیش تر در معرض مسائل مرگ زودرس^۷ (شکل ۶- پ) قرار دارد (۸). آب اضافی خاک هم چنین می تواند منجر به بروز مشکلات کیفیت و انبارداری غده شود. در مجموع در مرحله کاشت تا سبز شدن سیب زمینی، خاک اطراف بذر باید مرطوب نگه داشته شود ولی نباید غرقاب شود. در مرحله سبز شدن تا تشکیل غده ها باید آبیاری زیادتر

تنش آبی طی غده بندی معمولاً بر عملکرد کل غده مؤثرتر از کیفیت آن است. یک سطح برگ فتوسنتز کننده فعال و گسترده برای نگهداری نرخ بالای غده بندی در دوره رشد ضروری است. نگهداری این سطح برگ وسیع فعال نیاز به تداوم جایگزینی برگ های جوان با برگ های پیرتر که دارای راندمان پائین تری هستند، دارد. تنش آبی، پیر شدن برگ ها و قطع شکل گیری برگ های جدید را شتاب می بخشد که نتیجه آن از دست دادن غیر قابل جبران غده بندی است.

در آخرین قسمت فصل رشد (مرحله پنجم رشد)، گیاه شروع به پیری می کند و میزان استفاده آب گیاه به طور محسوسی کاهش می یابد (شکل ۳)، در نتیجه می بایست آبیاری به صورت تنظیم شده صورت گیرد تا از خیسی زیاد خاک پرهیز شود. سطح بالای میزان آب خاک در طی این دوره می تواند سبب بزرگ تر شدن عدسک ها شود که روزنه هایی را برای ورود پوسیدگی باکتریایی نرم^۱ به غده ها فراهم می کنند. بیماری های پوسیدگی صورتی^۲ (شکل ۵- الف) و پوسیدگی آبکی^۳ (شکل ۵- ب) نیز با آب زیادی آخر فصل، افزایش می یابند. به منظور فراهم آوردن شرایط بهینه برای تشکیل پوست غده ها و ضخیم شدن آنها، می بایست اجازه داد تا آب قابل دسترس خاک به حدود ۶۰ تا ۶۵ درصد (۳۵ تا ۴۰ درصد بیشینه تخلیه مجاز رطوبتی خاک) در زمان خشکیدن شاخ و برگ ها برسد. شرایط خشک تر خاک در زمان خشکیدن شاخ و برگ ها، احتمال توسعه تغییر رنگ انتهای غده^۴ را افزایش می دهد (۱).

^۵- Brown center

^۶- Hollow heart

^۷- Early die

^۱- Soft rot bacteria

^۲- Pink rot

^۳- Pythium Leak

^۴- Stem-end discoloration

به خصوص در برخی از مراحل رشد آن‌ها می‌تواند مفید باشد که دلیل عمده آن، تحمل به تنش در این گیاهان و عمیق بودن عمق توسعه ریشه می‌باشد.

با دور طولانی‌تر نسبت به مراحل بعدی رشد اعمال شود. از مرحله تشکیل غده به بعد نیز باید رطوبت مناسب و کافی در اطراف غده‌ها تأمین شود. تنش آبی در تعدادی از گیاهان



شکل ۵- (الف) پوسیدگی صورتی و (ب) پوسیدگی آبیکی به علت آبیاری زیادی آخر فصل



شکل ۶- (الف) قهوه‌ای شدن مغز غده، (ب) تو خالی شدن مغز غده و (پ) مرگ زودرس

درصد) نگهداشته شود، مزرعه می‌تواند ۲ تا ۳ روز قبل از برداشت آبیاری شود. هم‌چنین باید از خیس شدن خاک به دلیل افزایش قابلیت لهیدگی، مشکل سختی جدا شدن خاک از غده‌ها و مسائل پوسیدگی انباری جلوگیری کرد.

در زمان برداشت، میزان رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری بر متحمل شدن صدمات مکانیکی در طی فرایند برداشت دارد. غده‌هایی که آب خود را در نتیجه رطوبت کم خاک از دست می‌دهند، در زمان برداشت بسیار در معرض سیاه شدن بافت‌های غده در اثر کوبیدگی هستند. غده‌هایی که در نتیجه

برداشت

آبیاری پیش از برداشت باید فرصتی را برای بهینه شدن شرایط خاک و میزان آبداری غده‌ها در هنگام برداشت فراهم کند. غده‌های رسیده در شرایط نسبی خاک خشک (آب قابل دسترس کم‌تر از ۶۰ درصد) تمایل به از دست دادن آب دارند که این مسئله احتمال سیاه شدن بافت‌های غده (لکه سیاه^۱) در اثر کوبیدگی را افزایش می‌دهد. در چنین شرایطی مزرعه باید کمینه یک هفته قبل از برداشت برای دوباره آبدار کردن غده‌ها، آبیاری شود.

اگر آب قابل دسترس خاک در طی مرحله رسیدن غده بالای ۶۰ درصد (بیشینه تخلیه مجاز رطوبتی خاک کم‌تر از ۴۰

^۱- Blackspot bruise

آب زیاد خاک آماس می‌کنند، در زمان برداشت بسیار در معرض پارگی و بریدگی^۱ و جراحت و خراش^۲ هستند (۲).

توصیه ترویجی

۱- دامنه بهینه رطوبت در زمان کشت حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد آب قابل دسترس خاک (کمی کمتر از ظرفیت مزرعه) باشد. در این مرحله از خیسی زیادی خاک پرهیز شود زیرا سبب کندی گرم شدن خاک و در نتیجه تأخیر در جوانه‌زدن و سبز شدن بذر، افزایش پوسیدگی غده‌های بذر و افزایش پیری فیزیولوژیک بذر کاشته شده می‌شود. در صورت خشکی زیادی خاک و برای پرهیز از مسائل پوسیدگی غده‌های بذر، می‌بایست آبیاری قبل از کشت انجام شود.

۲- در زمان داشت به‌طور کلی، میانگین آب قابل دسترس خاک در ناحیه ریشه در دوره رشد فعال سیب‌زمینی برای کسب نتیجه بهینه می‌بایست بین ۶۵ تا ۸۵ درصد نگهداری شود. در عمل در زمانی کمی قبل و بعد از آبیاری، آب قابل دسترس خاک در ناحیه ریشه در دامنه کمی بالا و پائین این مقادیر (۶۵ تا ۸۵ درصد) قرار دارد. سیب‌زمینی به‌ویژه در آغاز غده‌زایی و رشد اولیه غده به تنش آبی حساس است. کمبود آب در این زمان می‌تواند عملکرد را به دلیل افزایش غده‌های بدشکل کاهش دهد. در این مرحله می‌بایست از کمبود آب که می‌تواند بر عملکرد کمی و کیفی محصول تأثیر منفی بگذارد، پرهیز شود. در اواخر فصل رشد و با شروع پیری گیاه می‌بایست آبیاری به‌صورت تنظیم شده صورت گیرد تا از خیسی زیاد خاک پرهیز شود. آب زیادی در آخر فصل رشد می‌تواند سبب بیماری‌هایی مانند: پوسیدگی باکتریایی نرم، پوسیدگی صورتی و پوسیدگی آبکی شود. برای تشکیل پوست غده‌ها و ضخیم شدن آن‌ها می‌بایست در زمان خشکیدن شاخ و برگ‌ها، آب قابل دسترس خاک به حدود ۶۰ تا ۶۵ درصد برسد. در صورت شرایط خشک‌تر خاک در این زمان، احتمال توسعه تغییر رنگ انتهای غده وجود دارد.

۳- پیش از برداشت، آبیاری باید شرایط را برای بهینه شدن شرایط رطوبتی خاک و میزان آبداری غده‌ها در هنگام برداشت

مهیا کند. در صورت بروز شرایط نسبی خشکی خاک (آب قابل دسترس کمتر از ۶۰ درصد)، غده‌های رسیده آب خود را از دست می‌دهند و احتمال ایجاد لکه سیاه در اثر کوبیدگی افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی، مزرعه باید کمینه یک هفته قبل از برداشت برای دوباره آبدار کردن غده‌ها آبیاری شود. در صورتی که در طی رسیدن غده آب قابل دسترس خاک بالای ۶۰ درصد (بیشینه تخلیه مجاز رطوبتی خاک کم‌تر از ۴۰ درصد) نگهداری شده است، می‌توان ۲ تا ۳ روز قبل از برداشت آبیاری را انجام داد. هم‌چنین باید از خیس شدن خاک به دلیل افزایش قابلیت لهیدگی، پارگی و بریدگی، جراحت و خراش و نیز مشکل سختی جدا شدن خاک از غده‌ها و مسائل پوسیدگی آبداری جلوگیری کرد.

فهرست منابع

۱- جاهادی، آژنگ؛ هرمز سلطانی؛ امیر ارجمندیان؛ مزدشت گیتی؛ عزیز باقری؛ سید معین‌الدین رضوانی؛ کامران آذری؛ مراد محمدی؛ امیرحسین افشار و زهید ناصری ملکی. ۱۳۹۶. راهنمای سیب‌زمینی (کاشت، داشت، برداشت و انبارداری)؛ فصل چهارم: داشت، صفحه ۶۷ تا ۱۶۲. کرج، ایران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی.

۲- رضوانی، سید معین‌الدین. ۱۳۹۶. راهنمای سیب‌زمینی (کاشت، داشت، برداشت و انبارداری)؛ فصل چهارم: داشت، مدیریت آبیاری در زمان داشت سیب‌زمینی، صفحه ۱۳۸ تا ۱۴۵. کرج، ایران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی.

3-Cherlinka, V. 2024. Growing Potatoes: Requirements, Conditions, And Techniques. EOS Data Analytics. Available: <https://eos.com/blog/how-to-grow-potatoes/>. Last Access 10/19/2024.

4- CropWatch. Potato growth and irrigation scheduling. University of Nebraska-Lincoln extension service Available:

²- Thumbnail cracking

¹- Shatter bruise

- https://cropwatch.unl.edu/potato/plant_growth. 1Last Access 10/19/2024.
- 5- Ephytia. 2018. Brown heart and hollow heart. Available: <http://ephytia.inra.fr/en/C/21135/Potato-Brown-heart-and-hollow-heart> (2024-09-27). Last Access 10/19/2024.
- 6- FAO. 2014. Crop Water Information: Potato. Available: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/potato/en/> (2024-09-25). Last Access 10/19/2024.
- 7- King, B.A., Stark, J.C. and Neibling, H. 2020. Potato irrigation management (pp. 417-446). Springer International Publishing.
- 8- Halsall, M. 2021. Banding Together to Stop Potato Early Dying in Canada. Spud Smart. Seed World Group. Available: . Last Access 10/19/2024.
- <https://spudsmart.com/banding-together-to-stop-potato-early-dying-in-canada/> (2024-10-04). Last Access 10/19/2024.
- 9- Vales, M.I. and Yilma, S. 2006. OSU Potato Breeding and Genetics Program. Organic Growers meeting. Dept. of Crop and Soil Science Corvallis, Oregon State University. Available: https://horticulture.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/horticulture/department-of-horticulture/vales_organicgrowers_feb2006.pdf. Last Access 10/19/2024.
- 10- Voyle, G. 2016. Hollow heart in potatoes. Michigan State University Extension. Available: https://www.canr.msu.edu/news/hollow_heart_in_potatoes

