اثر تنش خشکی و مقدار نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات کیفی و فیزیولوژیک سیب‌زمینی در شرایط آب و هوایی چهارمحال و بختیاری

حمیدرضا باقری*[۱]، محمدحسین قرینه[۲]، عبدالمهدی بخشنده[۳]، جواد طایی[۴]، عبدالمحمد محنت‌کش[۵] و بهرام اندرزیان[۶]

۱، ۲ و ۳) گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان، ایران
۴) گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.
۵) عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران.
۶) عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

* **نویسنده مسئول:** Hrbagheri2002@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۱۸**

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد و صفات کیفی و فیزیولوژیک سیب‌زمینی، این آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده با سه سطح تنش خشکی S_1 (شاهد، تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، S_2 (تأمین ۷۵ درصد) و S_3 (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی پس از سبز شدن تا پایان دوره رشد) به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار تیمار کود نیتروژن N_1 (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی)، N_2 (۶۶ درصد)، N_3 (۳۳ درصد) و N_4 (بدون مصرف کود نیتروژن) به‌عنوان فاکتور فرعی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری به اجرا درآمد. در این آزمایش بیش‌ترین عملکرد غده از تیمار بدون تنش (S_1) به میزان ۵۵/۹ تن در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد با تیمار S_2 نداشت اما S_3 با اختلاف معنی‌دار نسبت به دو تیمار یاد شده، میانگین عملکرد ۳۱/۷ تن در هکتار را تولید نمود. تیمارهای N_1 و N_2 بدون اختلاف آماری در سطح پنج درصد بیش‌ترین عملکرد غده را تولید کردند ولی عدم مصرف نیتروژن (N_4) منجر به تولید کم‌ترین عملکرد غده (۳۸/۷ تن در هکتار) شد. در مجموع در سطوح تنش S_2 و S_3، تیمار N_2 باعث دستیابی به حداکثر عملکرد غده شد. به علت کاهش عملکرد غده در تیمارهای S_2 و S_3 در بالاترین سطح مصرف نیتروژن (N_1)، برهمکنش تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد غده، در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، عملکرد غده، پرولین، کلروفیل، نیترات.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

مقدمه

سیب‌زمینی از منابع غذایی با ارزش و مورد استقبال در سراسر جهان است. سطح زیر کشت جهانی این محصول در سال ۲۰۱۲ حدود ۱۹/۲ میلیون هکتار و تولید سالانه آن نزدیک به ۳۶۵ میلیون تن بوده است (FAO, 2014). افزایش مصرف این گیاه در صنعت و صنایع غذایی همگام با روند افزایشی جمعیت جهان، متخصصان کشاورزی و کشاورزان را بر آن داشته تا با رفع کمبود عناصر غذایی و با مدیریت صحیح مصرف آب و کود، تولید این محصول را به توان ژنتیکی آن نزدیک کنند (Haase *et al.*, 2007). تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی شناخته شده است (Passioura, 2007). در این بین گیاه سیب‌زمینی برای دستیابی به رشد مناسب و تولید عملکرد قابل قبول به آبیاری مطلوب نیاز دارد. محدودیت در میزان آب قابل دسترس یا به عبارتی اعمال تنش خشکی، موجب تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و کاهش رشد و نمو گیاه می‌گردد (Irna and Mauromicale, 2006). این تغییرات (پاسخ‌ها) اساس شناسایی اثرات تنش بر عملکرد نهایی محصول می‌باشد (Prins and Verkaar, 1992). تحقیقات بسیاری نشان داده است سیب‌زمینی از حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی در همه مراحل نموی به‌ویژه مرحله تشکیل غده برخوردار است (Fabeiro *et al.*, 2001; Thornton, 2002; Shock *et al.*, 2013). تنش خشکی از طریق اثر بر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی و رشد گیاه مانند فتوسنتز و تنفس سلولی منجر به کاهش جذب یون‌ها، کاهش تولید کربوهیدرات‌ها و اختلال در متابولیسم رشد می‌شود (Farooq *et al.*, 2009; Jaleel *et al.*, 2007). تحقیقات نشان داده، رنگدانه‌های فتوسنتزی که نقش اساسی در ساختار و تأمین انرژی گیاه به جهت جذب نور و تولید ATP و NADPH ایفا می‌کنند، تحت اثر خشکی قرار می‌گیرند (Masoudi-Sadaghiani *et al.*, 2011; Farooq *et al.*, 2009). تنش خشکی عموماً باعث تخریب و شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل شده و مقدار فعالیت آنزیم‌ها را در چرخه کالوین در طی فرآیند فتوسنتز کاهش می‌دهد و در نهایت رشد سبزینه‌ای و عملکرد محصول کاهش می‌یابد (Farooq *et al.*, 2009; Monakhova and Chernyadev, 2002). در گیاهان، تنش خشکی ناشی از تفاوت فشار اسمزی بین خاک و گیاه است. تنظیم اسمزی سازوکاری است که منجر به نگهداری آب و حفظ تورژسانس سلول‌ها در اثر بروز تنش می‌گردد. این فرآیند ناشی از تجمع مولکول‌ها و ترکیبات فعال اسمزی از جمله قندهای محلول و پرولین در محیط سلول می‌باشد (Serraj and Sinclair, 2002; Liu *et al.*, 2010). پرولین رایج‌ترین و گسترده‌ترین اسمولیتی است که در بسیاری از گیاهان به‌عنوان پاسخ طبیعی و ذاتی گیاه به تنش‌های اسمزی و خشکی تولید می‌شود (Miller *et al.*, 2005). نجف‌زاده و احسان‌پور (۱۳۹۱) مشاهده کردند با افزایش تنش خشکی در محیط کشت سیب زمینی، مقدار پرولین در اندام‌های هوایی نسبت به محیط شاهد افزایش یافت. Benavides و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش کرد افزایش پرولین در اندام‌های

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

هوایی سیب‌زمینی ناشی از اعمال تنش‌های شوری و خشکی است. افزایش پرولین برگ و اندام‌های هوایی در اثر تنش خشکی در گیاهان دیگری از جمله پنبه، ذرت و اسپرس نیز گزارش شده است (Parida *et al.*, 2007; Nayyar, 2003؛ ویسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). علاوه بر آب، نیتروژن نیز از اهمیت ویژه‌ای در تکوین و سیر مراحل فیزیولوژیک گیاه برخوردار است (Purves *et al.*, 2004). کودهای حاوی نیتروژن ترکیب شیمیایی خاک و گیاه را تغییر می‌دهند. این عامل منجر به افزایش توانایی گیاه جهت جذب مواد آلی و غیر آلی از محلول خاک می‌گردد (Lin *et al.*, 2004). سطوح متعادل نیتروژن اثر مثبت بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی می‌گذارد، درحالی‌که کمبود نیتروژن در خاک اختلالات زیادی در فرآیند تولید غده در سیب‌زمینی ایجاد می‌کند. افزایش مقادیر زیاد نیتروژن به خاک، از اثر مثبت آن کاسته و استفاده مفرط آن ساخت و ساز بافت‌های ذخیره‌ای مبتنی بر پلی‌ساکاریدها را به لحاظ افزایش تولید ترکیبات نیتروژنی غیر آلی کاهش می‌دهد (Westermann *et al*. 1994). غلظت‌های زیاد نیتروژن نه تنها محتوای نشاسته و درصد ماده خشک غده‌ها را می‌کاهد، بلکه کیفیت پخت را نیز کاهش می‌دهد (Rop *et al.*, 2009; Vocal and Radil, 1996). یکی از جالب‌ترین نتایج افزودن کودهای نیتروژنی در کشت سیب‌زمینی تغییر محتوای آمینواسیدها در غده‌هاست (Friedman, 2000). با افزایش مصرف کودهای نیتروژنی نسبت اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین در مقایسه با محتوای اسیدهای آمینه- باند[1] کاهش می‌یابد (Rop *et al.*, 2009). بخش عمده نیتروژن مورد نیاز گیاه سیب‌زمینی به‌صورت نیترات (NO_3^-) جذب می‌شود و مصرف نیتروژن زیاد منجر به روند صعودی تجمع این ترکیب در غده‌ها می‌گردد. هر چند تجمع نیترات در غده سیب‌زمینی به میزان مصرف و نوع کودهای نیتروژنی، شرایط آب و هوایی، طول دوره رشد و نوع رقم نیز وابسته است، اما باید در نظر داشت در بیش‌تر موارد، محتوای نیترات غده‌های سیب‌زمینی در اثر مصرف بیش از حد مجاز کودهای نیتروژنی، از مرحله بحرانی فراتر می‌رود (Sparrow and Chapman, 2003; Luhki, 1990). با توجه به اهمیت گیاه سیب‌زمینی و هم‌چنین موقعیت جغرافیایی بیش‌تر مناطق ایران به‌عنوان مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعه اثر تنش خشکی و نیز مدیریت مصرف کودها در گیاه سیب‌زمینی بسیار با ارزش است. برای اصلاح گیاه سیب‌زمینی شناخت سازوکار مقابله با تنش خشکی و نیز تشخیص اثر تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیسمی گیاه از گام‌های نخست به شمار می‌آید. از این رو، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی عملکرد غده و پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه سیب‌زمینی نسبت به تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن و هم‌چنین بررسی کیفی غده‌ها از لحاظ نحوه تجمع نشاسته و نیترات در غده‌ها در اثر اعمال تیمارهای مختلف تنش خشکی و کود نیتروژنی، صورت گرفت.

[1] Protein-bound amino acid

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد غده و صفات کیفی و فیزیولوژیک سیب‌زمینی در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری با اقلیم منطقه‌ای نیمه‌مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد اجرا شد (کریمی، ۱۳۸۲). خاک مزرعه دارای بافت لومی رسی، جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب و pH= ۷/۹ بود.

در این پژوهش، سیب‌زمینی رقم بورن (*Solanum tuberosum* L.) مورد مطالعه قرار گرفت. بورن رقمی است زودرس، با عملکرد کمی و کیفی بالا و دوره رشد تقریبی ۹۰-۸۰ روزه که قابلیت سازگاری بالایی با شرایط آب و هوایی منطقه چهارمحال و بختیاری نشان داده است. آزمایش با سه سطح تنش خشکی S_1 (شاهد، تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، S_2 (تأمین ۷۵ درصد) و S_3 (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی پس از سبز شدن بوته‌ها تا پایان دوره رشد) به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار تیمار کود نیتروژن (N_1: تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، N_2: ۶۶ درصد نیاز کودی، N_3: ۳۳ درصد نیاز کودی و N_4: بدون مصرف کود) به‌عنوان فاکتور فرعی، به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در مجموع آزمایش شامل ۳۶ کرت آزمایشی و هر کرت با مساحت ۲۷ مترمربع شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و با تراکم ۶/۷ بوته در مترمربع بود.

نیاز آبی سیب‌زمینی بر اساس پژوهشی که محنت‌کش (۱۳۷۳) به منظور تعیین آب مورد نیاز و دور آبیاری سیب‌زمینی در شهرکرد انجام داد، معادل ۸۶۰۰ مترمکعب آب در هکتار در نظر گرفته شد. بنابراین تیمارهای S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب به‌صورت آبیاری با ۸۶۰۰، ۶۴۵۰ و ۴۳۰۰ مترمکعب آب در هکتار لحاظ گردید. اعمال تنش با کاهش مقدار آب در هفته (دور ثابت آبیاری) به‌وسیله سیستم لوله‌کشی تا مزرعه و با استفاده از کنتور با دقت یک لیتر انجام شد. در زمان اجرای طرح (کاشت تا برداشت) میزان بارندگی صفر میلی‌متر بود.

تیمارهای کود نیتروژن شامل N_1، N_2، N_3 و N_4 به‌ترتیب مصرف ۴۰۰، ۲۶۶، ۱۳۳ و صفر کیلوگرم کود اوره در هکتار در نظر گرفته شد. کود نیتروژن (اوره) با توجه به تیمارهای آزمایشی طی دو مرحله (نیمی در مرحله آغاز سبز شدن و نیم دیگر در مرحله آغاز غده‌بندی) به‌صورت نواری در دو طرف پشته‌ها به خاک افزوده شد. فسفر و پتاسیم به‌ترتیب به‌صورت سوپرفسفات‌تریپل و سولفات‌پتاسیم، بر پایه آزمون خاک در کرت‌های آزمایش به‌طور یکنواخت همزمان با کاشت، مصرف و عناصر ریز مغذی نیز بر مبنای تعیین حدود بحرانی آهن، روی و منگنز که توسط مؤسسه خاک و آب تعیین شده، به‌ترتیب به‌صورت سکوسترین ۱۳۸، سولفات‌روی و سولفات‌منگنز در طی دوره رشد، در اختیار گیاه قرار گرفت. به منظور جلوگیری از اختلاط آب آبیاری و تیمارهای کودی، آبیاری هر یک از پشته‌ها در کرت‌های آزمایشی به‌صورت مستقل انجام و از خروج آب کرت‌ها جلوگیری شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

کاشت بر اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته و بررسی تاریخ کاشت غالب منطقه، دهه سوم خرداد ماه انجام و برداشت در اواخر مهر ماه با حذف حاشیه‌ها در سطح ۱۸ مترمربع برای هر کرت، صورت گرفت (باقری و صفری، ۱۳۸۸). در این آزمایش عملکرد غده قابل فروش (عملکرد اقتصادی)، درصد ماده خشک، وزن مخصوص، درصد قندهای محلول، درصد نشاسته و محتوای نیترات غده‌ها و هم‌چنین میزان کلروفیل و پرولین برگ تازه به شرح زیر، اندازه‌گیری و محاسبه شد.

عملکرد غده

غده‌ها در اندازه‌های درشت با قطر بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر، متوسط بذری با قطر ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر و غده‌های ریز با قطر کم‌تر از ۳۵ میلی‌متر توزین شدند. غده‌های بزرگتر از ۳۵ میلی‌متر به‌عنوان غده‌های قابل فروش در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری درصد ماده خشک غده‌ها

با تناسب وزن خشک به وزن تر غده‌ها، درصد ماده خشک تعیین گردید.

اندازه‌گیری وزن مخصوص غده‌ها

با تناسب وزن تر به حجم غده‌ها، وزن مخصوص تعیین شد.

اندازه‌گیری پرولین

مقدار پرولین بر اساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

استخراج و سنجش کلروفیل

میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل (a+b) با روش Arnon (۱۹۶۷) با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول

کربوهیدرات‌های محلول غده‌ها با استفاده از معرف آنترون با دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۶۲۵ نانومتر بر اساس روش Fsles (۱۹۵۱) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری درصد نشاسته

درصد نشاسته غده‌های سیب‌زمینی با روش Singh و همکاران (۲۰۰۹) اندازه‌گیری و محاسبه شد.

تعیین محتوای نیترات غده‌ها

غلظت نیترات به روش کالریمتری بعد از احیا به روش دی‌آزو (امامی، ۱۳۷۵) تعیین شد.

تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

MSTATC در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش نشان داد اثر سطوح تنش خشکی بر عملکرد غده در واحد سطح، وزن مخصوص، درصد قندهای محلول، درصد نشاسته و میزان نیترات غده‌ها و هم‌چنین محتوای کلروفیل و پرولین برگ، در سطح احتمال یک درصد و بر میزان ماده خشک غده‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اما سطوح کود نیتروژن تنها صفات عملکرد غده در واحد سطح، محتوای کلروفیل برگ، وزن مخصوص و میزان نیترات غده‌ها را در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار داد. در این پژوهش، به جز صفت عملکرد غده در واحد سطح، برهمکنش سطوح تنش خشکی و کود نیتروژن بر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه، معنی‌دار نبود (جدول ۱).

عملکرد غده قابل فروش (عملکرد اقتصادی) در واحد سطح

نتایج نشان داد تنش متوسط خشکی (S_2) منجر به تولید عملکردی بدون اختلاف آماری با تیمار شاهد (S_1) شد (به‌ترتیب ۵۱/۲ و ۵۵/۹ تن در هکتار) ولی عملکرد غده قابل فروش به شدت تحت اثر تنش شدید خشکی (S_3) قرار گرفت و در این تیمار عملکرد به ۳۱/۷ تن در هکتار کاهش یافت (جدول ۲). Irna و Mauromicale (۲۰۰۷) گزارش کردند کمبود رطوبت متوسط خاک موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش میزان فتوسنتز برگ، بیوماس اندام هوایی، رشد غده و در نتیجه عملکرد غده سیب‌زمینی در واحد سطح می‌گردد. در آزمایش Demelash (۲۰۱۳) بیش‌ترین عملکرد غده سیب‌زمینی قابل عرضه در بازار در تیمار بدون تنش و حداقل عملکرد در تیمار آبی همراه با تنش شدید (۱۸۳ میلی‌متر آبیاری) مشاهده شد. تحقیقات دیگر نیز مؤید این مطلب است که با کاهش سطح تنش خشکی، میزان عملکرد غده در گیاه سیب زمینی افزایش می‌یابد (Ayas, 2013; Alva *et al.*, 2012; Darwish *et al.*, 2006). در آزمایش حاضر عملکرد غده تحت اثر مصرف نیتروژن قرار گرفت. تیمارهای نیتروژن کامل (N_1) و تأمین ۶۶ درصد نیتروژن مورد نیاز (N_2) بدون تفاوت آماری، بیش‌ترین عملکرد غده (به‌ترتیب ۵۲/۸ و ۵۰/۴ تن در هکتار) را تولید کردند، اما تیمارهای کودی تأمین ۳۳ درصد نیتروژن (N_3) و بدون کود (N_4) کاهش چشم‌گیری را در عملکرد سیب‌زمینی موجب شدند به‌طوری‌که این تیمارها به‌ترتیب باعث تولید ۴۲/۹ و ۳۸/۷ تن در هکتار، سیب‌زمینی قابل عرضه به بازار شدند (جدول ۲). یزدان‌دوست (۱۳۸۲) گزارش کرد که کم‌ترین عملکرد سیب‌زمینی در تیمار مصرف نیتروژن ۸۶ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل می‌شود و با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد نیز افزایش می‌یابد.

برهمکنش تنش خشکی و مصرف نیتروژن نیز در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). به نظر می‌رسد کاهش عملکرد غده در سطوح بالای مصرف نیتروژن در تیمارهای با تنش متوسط و شدید خشکی علت اصلی این تقابل باشد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

به‌طوری‌که افزایش سطح کود نیتروژنه از ۲۶۶ به ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در سطوح تنش آبی شدید (S_3) و تنش متوسط (S_2)، نه تنها افزایش عملکرد را در پی نداشته است بلکه باعث کاهش معنی‌دار آن نیز شده است (شکل ۱). Gonzalez-Dugo و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند جذب نیتروژن توسط گیاه در شرایط تنش خشکی در اکثر گیاهان کاهش می‌یابد حتی اگر نیتروژن معدنی در اختیار گیاه قرار گیرد. محلول آب موجود در خاک عموماً با ترکیبات آنیونی، کاتیونی و آلی از جمله ترکیبات نیتروژنی بارگیری می‌شود. این ترکیبات زمانی به ریشه‌های گیاه منتقل می‌شوند که تعرق گیاه زمینه را برای جذب و جریان آب فراهم سازد (Porporato *et al.*, 2003). بنابراین میزان نیتروژن محلولی که به سطح ریشه‌ها می‌رسد به غلظت آن در محلول خاک و جریان آب در بافت‌های گیاه بستگی دارد. در شرایط تنش خشکی، افزایش غلظت ترکیبات نیتروژنی در اطراف ریشه منجر به افزایش فشار اسمزی و تلاش بیش‌تر گیاه برای حفظ آب سلول‌ها و کاهش تعرق می‌گردد (Pierret *et al.*, 2005). محققان بسیاری معتقدند کاهش تعرق در این شرایط روند عادی زیست گیاه را مختل و منجر به ظهور اثرات بازدارنده از جمله کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Gonzalez-Dugo *et al.*, 2010; Sadras, 2005; Hopmans and Bristow, 2002). بنابراین به نظر می‌رسد در این آزمایش نیز افزایش مصرف نیتروژن در شرایط تنش خشکی منجر به اختلال در روند جذب نیتروژن و احتمالاً دیگر عناصر غذایی، کاهش تعرق گیاه و در نهایت افت عملکرد اقتصادی شده است.

جدول ۱: مقایسه میانگین مربعات صفات در تجزیه واریانس داده‌های آزمایش تحت اثر تنش خشکی و مصرف نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد غده قابل فروش	درصد ماده خشک غده	وزن مخصوص غده‌ها	درصد قندهای محلول	پرولین برگ تازه	کلروفیل برگ تازه	درصد وزنی نشاسته	نیترات غده
بلوک	۲	۲۰۷/۲ ns	۴/۲۰ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۱۸ ns	۱/۱۷ ns	۱۰/۷۰**	۷۱/۸۴ ns
عامل اصلی (تنش خشکی)	۲	۱۹۷۰/۷**	۱۸/۷۶*	۰/۰۳۶**	۰/۰۰۴۸**	۱۳/۴۱**	۱۳/۳۵**	۱۱/۳۴ ns	۱۵/۲۴ ns
خطای اصلی	۴	۹۳/۲	۱/۹۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱۰	۳/۰۶	۲/۲۳	۳۲/۵۴	۲۲۳/۷۱
عامل فرعی (کود نیتروژن)	۳	۳۸۱/۵ **	۰/۷۱ ns	۰/۰۳۸**	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۹۲ ns	۷/۴۳**	۱/۹۲ ns	۸۶۴/۹۹**
تنش خشکی × کود نیتروژن	۶	۹۰/۷ **	۱/۳۲ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۹۱ ns	۲/۲۶ ns	۳/۲۸ ns	۶/۰۲ ns
خطا b	۱۸	۱۴/۴	۰/۹۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۸۳	۱/۳۱	۱/۵۱	۲۲/۵۰
ضریب تغییرات	-	۸/۲	۴/۶	۳/۵۶	۵/۳۷	۴/۰۸	۱۰/۳۹	۷/۴۶	۱۲/۲۷

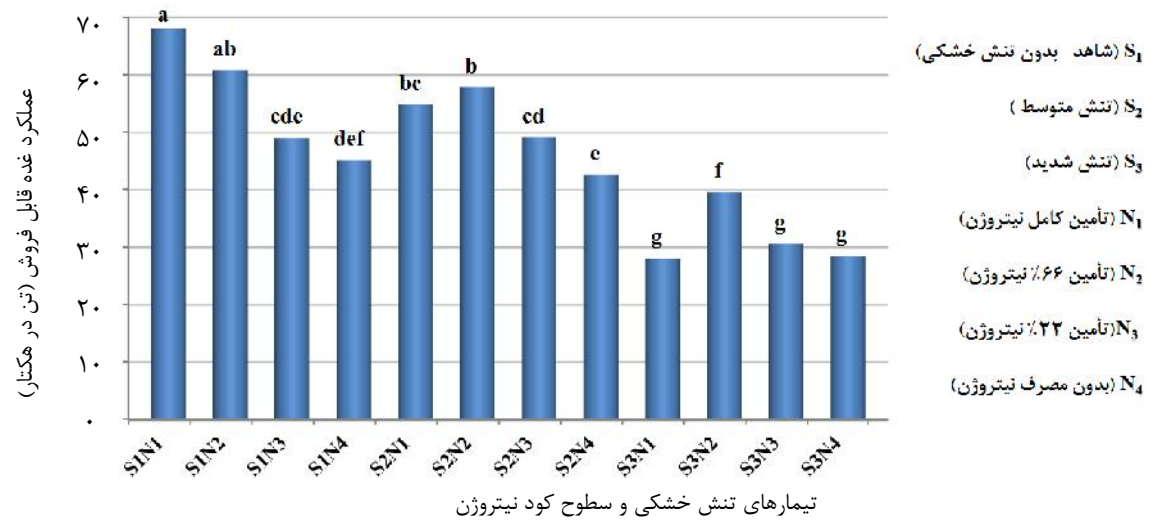
ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

درصد ماده خشک و وزن مخصوص غده‌ها

نتایج جدول ۲ نشان داد که با اعمال تنش خشکی درصد ماده خشک غده‌ها به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در آزمایش حاضر در تیمارهای بدون تنش خشکی (S_1) و تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی (S_2)، درصد ماده خشک غده‌ها تفاوت آماری نداشت (به‌ترتیب ۲۰/۶ و ۲۰/۹ درصد) ولی در تیمار تأمین۵۰ درصد نیاز آبی (S_3) درصد ماده خشک غده‌ها به ۲۲/۹

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

رسید. درصد ماده خشک غده‌ها تحت اثر تیمارهای کود نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۲). Darwish و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند با اعمال تنش خشکی (کم آبیاری) بر درصد ماده خشک غده‌ها به‌طور معنی‌داری افزوده می‌شود به‌طوری‌که در آزمایش آن‌ها در رژیم‌های آبیاری تأمین ۱۲۵ و ۶۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی، میزان ماده خشک غده‌ها از ۲۰/۳۹ به ۲۱/۴۴ درصد افزایش یافت. پژوهش‌های بسیاری مؤید این مطلب است که با کاهش میزان آبیاری و اعمال تنش خشکی، ضمن کاهش عملکرد، درصد ماده خشک اندام‌های هوایی و غده‌ها در سیب‌زمینی افزایش می‌یابد. در این تحقیقات علت، کاهش پتانسیل آب اطراف ریشه و کمبود آب در دسترس گیاه ذکر شده است که در نتیجه آن آب کم‌تری به بافت‌های زنده گیاه هدایت و درصد ماده خشک غده‌ها افزایش می‌یابد (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰؛ Ayas and Korukcu; 2010; Ayas, 2013; Porter *et al.*, 1999). هر چند وزن مخصوص غده‌ها (بر اساس وزن غده تازه) در سطوح مختلف تنش خشکی اختلاف معنی‌دار نداشت، اما جرم حجمی غده‌های در معرض تنش افزایش یافت. با وجود اینکه برخی از مطالعات نشان داده که شدت تنش خشکی با وزن مخصوص غده دارای رابطه معکوس است (Shock *et al.*, 1992; Waddell *et al.*, 1999). اما گزارش‌های Yuan و همکاران (۲۰۰۳)، Phene و Sanders (۱۹۷۶) و Porter و همکاران (۱۹۹۹) حاکی از افزایش وزن مخصوص غده‌های سیب‌زمینی در اثر اعمال تنش خشکی است. این محققان وزن مخصوص غده‌ها را با میزان ماده خشک غده‌ها در ارتباط دانسته‌اند به‌طوری‌که اعمال تنش خشکی با ممانعت از هدایت آب کافی به بوته‌ها منجر به افزایش درصد ماده خشک غده و در نتیجه افزایش جرم حجمی غده‌ها می‌گردد. نتایج آزمایش حاضر نیز با نتایج این تحقیقات هم‌خوانی دارد. در این آزمایش برهمکنش تنش خشکی و نیتروژن بر درصد ماده خشک و وزن مخصوص غده‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱).



شکل ۱: مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر عملکرد غده قابل فروش

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد (P<٪۵).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

جدول ۲: مقایسه میانگین عملکرد، درصد ماده خشک، وزن مخصوص و درصد قندهای محلول غده‌های سیب‌زمینی در سطوح تنش خشکی و کود نیتروژن

تیمارهای آزمایش	عملکرد غده (تن در هکتار)	درصد ماده خشک غده	وزن مخصوص غده‌ها (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	درصد قندهای محلول
S1 (شاهد- بدون تنش خشکی)	۵۵/۹ a	۲۰/۴ b	۲/۱۲ a	۰/۱۹۷ b
S2 (تنش متوسط - تأمین ۷۵٪ نیاز آبی)	۵۱/۲ a	۲۰/۹ b	۲/۱۷ a	۰/۲۲۴ ab
S3 (تنش شدید- تأمین ۵۰٪ نیاز آبی)	۳۱/۷ b	۲۲/۶ a	۲/۲۲ a	۰/۲۳۶ a
N1 (تأمین کامل نیتروژن)	۵۰/۴ a	۲۱/۸ a	۲/۲۰ a	۰/۲۲۱ a
N2 (تأمین ۶۶٪ نیتروژن)	۵۲/۸ a	۲۰/۵ a	۲/۰۷ b	۰/۲۲۰ a
N3 (تأمین ۳۳٪ نیتروژن)	۴۲/۹ b	۲۱/۶ a	۲/۱۹ a	۰/۲۱۹ a
N4 (بدون مصرف نیتروژن)	۳۸/۷ c	۲۱/۳ a	۲/۲۱ a	۰/۲۱۵ a

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد (P<٪۵).

درصد قندهای محلول در غده، میزان پرولین و کلروفیل برگ

نتایج نشان داد که درصد قندهای محلول در غده‌های تازه سیب‌زمینی به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی تنش، تحت اثر سطوح تنش خشکی قرار گرفت به‌طوری که اعمال تنش منجر به افزایش میزان قندهای محلول در غده‌ها شد (جدول‌های ۱ و ۲؛ Serraj and Sinclair, 2002). در تحقیق حاضر در تیمار S_3 غده‌ها حاوی ۰/۲۳۶ درصد قند محلول بودند و درتیمار بدون تنش (S_1) میزان کربوهیدرات‌های محلول به ۰/۱۹۸ درصد کاهش یافت. Parida و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند میزان قندهای محلول و قندهای احیا شونده در اثر اعمال تنش رطوبتی در گیاه پنبه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. Masoudi-Sadaghiani و همکاران (۲۰۱۱) نیز اثر چهار رژیم رطوبتی ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه را در ۳ مرحله رشد سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از آن بود که میزان قندهای محلول در برگ‌های سیب‌زمینی در اثر اعمال تنش در هر سه مرحله نموی ۵۰ درصد سبز شدن، ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک به شدت افزایش یافته که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. در شرایط تنش خشکی، کربوهیدرات‌های پیچیده موجود در بافت‌های گیاهان به کربوهیدرات‌های ساده‌تر تجزیه می‌شوند تا ضمن افزایش حلالیت، تنظیم اسمزی صورت گرفته و تحمل گیاه به تنش خشکی افزایش یابد (Chaves *et al.*, 2003). بنابراین در تحقیق حاضر، با توجه به افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در اثر تنش شدید خشکی، می‌توان نتیجه گرفت محتوای قندهای محلول غده می‌تواند به‌عنوان معیاری جهت ارزیابی تحمل گیاه سیب‌زمینی به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان داد که در اثر افزایش مصرف کود نیتروژنی، درصد قندهای محلول غده‌ها از نظر آماری تغییر معنی‌داری نمی‌یابد (جدول‌های ۱ و ۲). در برخی پژوهش‌ها از جمله تحقیق Rop و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده نیتروژن خاک اثر چشم‌گیر بر درصد قندهای محلول در غده‌های سیب‌زمینی ندارد، چرا که افزایش کربوهیدرات‌های محلول غده‌ها عموماً پاسخی به تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی است (Serraj and Sinclair, 2002).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

پرولین که به‌عنوان یکی از اسیدهای آمینه شاخص در بررسی حساسیت ارقام و اثر تنش‌ها به شمار می‌رود، تحت اثر تنش خشکی در این آزمایش قرار گرفت (Benavides *et al.*, 2000). پرولین موجود در سلول‌های برگ تازه، قبل از آبیاری، در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد میزان این اسیدآمینه متأثر از سطوح تنش خشکی بود (جدول ۱). در این آزمایش میزان پرولین برگ‌های تازه در تیمارهای S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب ۲۱/۲، ۲۲/۷ و ۲۳/۳ میکرومول بر گرم برگ تازه بود (جدول ۳). در واقع تنش خشکی منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در سطح احتمال یک درصد گردید. از آن‌جا که اسیدآمینه‌پرولین به‌عنوان رایج‌ترین و گسترده‌ترین اسمولیت در بسیاری از گیاهان، تنظیم اسمزی، نگهداری آب و حفظ تورژسانس سلول‌ها را در زمان بروز تنش خشکی عهده دار است، در این آزمایش نیز اثر خود را نشان داده و به واسطه اعمال تنش میزان آن در بافت‌های برگ افزایش یافت (Miller *et al.*, 2005). افزایش اسیدآمینه‌پرولین در اثر اعمال تنش خشکی در تحقیقات و در محصولات متعددی گزارش شده است. این موضوع در تحقیقات Parida و همکاران (۲۰۰۷) در گیاه پنبه، Masoudi-Sadaghiani و همکاران (۲۰۱۱) و Benavides و همکاران (۲۰۰۰)، درگیاه سیب‌زمینی، انتشار یافته است. نتایج این تحقیق نشان داد پرولین موجود در برگ در تبعیت از روند افزایش مصرف کودهای نیتروژنی در خاک، از هیچ روند مثبت یا منفی پیروی نکرده و در واقع تیمارهای کود نیتروژنی از لحاظ میزان پرولین تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نداشتند (جدول ۳) هر چند که برخی تحقیقات از جمله Friedman (۲۰۰۰) و Rop و همکاران (۲۰۰۹) به کاهش محتوای آمینواسیدهای آزاد سلول‌ها به‌ویژه پرولین در اثر افزایش مصرف نیتروژن در خاک اشاره کرده‌اند.

محتوای کلروفیل برگ تازه نیز از جمله صفاتی بود که پس از اعمال تیمارهای کود نیتروژنه، در مرحله غده‌بندی به منظور بررسی ارتباط تنش خشکی با این صفت فیزیولوژیک، اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج آزمایش، تأمین کامل نیاز آبی سیب‌زمینی منجر به بهبود تشکیل کلروفیل در سلول‌های برگ گردید به‌طوری‌که میزان کلروفیل برگ‌های سیب‌زمینی از ۱۲/۰۰ تا ۹/۹۰ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به‌ترتیب در تیمارهای S_1 (بدون تنش) و S_3 (تنش شدید خشکی) متغیر بود. مدنی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند با اعمال تنش خشکی در گیاه سیب‌زمینی به جز آن‌که شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد از میزان شاخص کلروفیل برگ نیز به‌طور معنی‌دار کاسته می‌شود به گونه‌ای که با افزایش دور آبیاری از ۵ به ۱۵ روز شاخص کلروفیل از ۲۲/۶ به ۱۶/۵ کاهش می‌یابد. Masoudi-Sadaghiani و همکاران (۲۰۱۱) و Farooq و همکاران (۲۰۰۹)، نیز تنش خشکی را عامل مهمی در کاهش ساخت و پایداری مهم‌ترین رنگیزه‌ی فتوسنتزی (کلروفیل) در سیب‌زمینی ذکر کردند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن در خاک، میزان کلروفیل برگ‌ها نیز به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در آزمایش حاضر کم‌ترین میزان کلروفیل برگ (۹/۹۱ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) در تیمار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

بدون نیتروژن (N4) و بیش‌ترین آن در تیمار تأمین نیاز کامل کودی نیتروژن (N1) به مقدار ۱۲/۰۸ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد. نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عنصر غذایی پر مصرف، در ساختمان پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها و سیتوکروم‌ها نقش دارد و به‌عنوان جزء لازم مولکول کلروفیل نیز به شمار می‌رود. از این رو کمبود آن منجر به کاهش تولید و پایداری کلروفیل برگ و بروز زردی در گیاه می‌گردد (Hassegawa *et al.*, 2008). تحقیقات متعددی به اثر مثبت مصرف نیتروژن بر محتوای کلروفیل برگ اشاره داشته است. خزاعی و ارشدی (۱۳۸۷) به وجود یک رابطه خطی مثبت و معنی‌دار بین میزان نیتروژن مصرفی در خاک با غلظت کلروفیل و نیتروژن برگ پی بردند. این موضوع با نتایج تحقیق Bindi و همکاران (۲۰۰۲) نیز مطابقت دارد. نتایج آزمایش نشان داد برهمکنش تنش خشکی و نیتروژن بر درصد قندهای محلول غده، محتوای پرولین و میزان کلروفیل برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱).

جدول ۳: مقایسه میانگین پرولین و کلروفیل برگ و محتوای نشاسته و نیترات غده‌های سیب‌زمینی در رژیم‌های آبیاری و سطوح کود نیتروژن

تیمارهای آزمایش	پرولین برگ تازه (میکرومول بر گرم)	کلروفیل برگ تازه (میلی‌گرم بر گرم)	درصد نشاسته	نیترات غده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
S1 (شاهد- بدون تنش خشکی)	۲۱/۲ b	۱۲/۰۰ a	۱۷/۵ a	۳۹/۴۱ a
S2 (تنش متوسط - تأمین ۷۵٪ نیاز آبی)	۲۲/۷ ab	۱۱/۱۳ ab	۱۶/۱ a	۳۹/۱۷ a
S3 (تنش شدید- تأمین ۵۰٪ نیاز آبی)	۲۳/۳ a	۹/۹۰ b	۱۵/۷ a	۳۷/۳۴ a
N1 (تأمین کامل نیتروژن)	۲۲/۹ a	۱۲/۰۸ a	۱۵/۹ a	۵۲/۰۴ a
N2 (تأمین ۶۶٪ نیتروژن)	۲۲/۳ a	۱۱/۲۶ ab	۱۶/۲ a	۳۹/۲۱ b
N3 (تأمین ۳۳٪ نیتروژن)	۲۲/۱ a	۱۰/۷۷ bc	۱۶/۶ a	۳۳/۹۸ c
N4 (بدون مصرف نیتروژن)	۲۲/۳ a	۹/۹۱ c	۱۷/۰ a	۲۹/۳۳ c

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد (P<٪۵).

محتوای نشاسته غده‌ها

درصد وزنی نشاسته موجود در غده‌های تازه سیب‌زمینی تحت اثر هیچ یک از تیمارهای مورد بررسی قرار نگرفت، اما نتایج حاکی از آن بود که علی‌رغم نبود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها، با اعمال تنش خشکی محتوای نشاسته غده‌ها کاهش می‌یابد (جدول‌های ۱ و ۳). اسکندری و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند در اثر اعمال تنش خشکی درصد ماده خشک و نشاسته غده‌ها کاهش می‌یابد ولی تفاوت آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نیست. در این آزمایش، تیمارهای نیتروژن نیز اثر معنی‌دار بر درصد نشاسته غده‌ها نداشتند (جدول ۳). Rop و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند با کاهش سطح نیتروژن مصرفی از ۱۲۰ تا صفر کیلوگرم در هکتار، محتوای نشاسته غده‌ها از ۱۸/۹ به ۱۳/۵ درصد کاهش می‌یابد. Vocal و Radil (۱۹۹۶) نیز نتیجه مشابهی را گزارش کردند. در این آزمایش برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و کود نیتروژن بر محتوای نشاسته غده‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

محتوای نیترات غده‌ها

محتوای نیترات غده‌ها از نظر متخصصان تغذیه، به لحاظ نقش آن در سلامت غذایی، بسیار با اهمیت است. نتایج جدول ۱ نشان داد علی‌رغم نبود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای تنش خشکی، در اثر اعمال تنش، میزان نیترات موجود در غده‌های تازه کاهش می‌یابد. احتمالاً علت این موضوع کاهش رشد سبزینه‌ای و کاهش توان و ظرفیت گیاه جهت جذب ازت و تجمع آن به‌صورت نیترات در غده‌ها می‌باشد (Joern and Vitosh, 1995). تنش‌های رطوبتی از جمله عوامل محیطی هستند که از طریق اثر بر فعالیت آنزیم احیاء کننده نیترات (نیترات‌رداکتاز) باعث کاهش تجمع نیترات در گیاه می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۸۳). جلینی و دوستی (۱۳۹۰) اظهار داشتند بین میزان آب مصرفی در مزارع سیب‌زمینی و باقی‌مانده نیترات در غده‌ها یک رابطه خطی منفی و معنی‌دار وجود دارد، اما موسوی‌فضل و فائزنیا (۱۳۸۷) گزارش کردند بیش‌ترین غلظت نیترات غده‌ها از تیمارهایی که فقط ۵۰ درصد نیاز آبی آن‌ها تأمین شده و تیماری که ۲۵ درصد بیش‌تر از نیاز واقعی آبیاری شده، به‌دست می‌آید. آن‌ها عنوان داشتند در اثر هر عامل یا محدودیتی که متابولیسم گیاه تحت اثر منفی قرار گیرد، نیتروژن موجود در گیاه نمی‌تواند به اشکال دیگر تبدیل شود بنابراین به‌صورت نیتروژن مضر (نیترات) در غده‌ها یا میوه تجمع می‌یابد. هم‌چنین بررسی محتوای نیترات غده‌ها نشان داد این صفت بسیار متأثر از تیمارهای کود نیتروژنی است به‌طوری‌که با افزایش مصرف نیتروژن در خاک میزان نیترات به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در این تحقیق میزان نیترات در تیمارهای مصرف نیتروژن کامل (N_1) و تیمار بدون مصرف نیتروژن (N_4) به‌ترتیب برابر با ۵۲/۰۴ و ۲۹/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک غده بود. به عبارتی مصرف نیتروژن در اثر اعمال تیمارهای N_1، N_2 و N_3 باعث افزایش تجمع نیترات در غده‌ها به‌ترتیب به میزان ۷۷، ۳۴ و ۱۶ درصد نسبت به تیمار شاهد (N_4) گردید. جلینی و دوستی (۱۳۹۰) دریافتند با افزایش میزان کود اوره مصرفی در مزارع سیب‌زمینی، میزان نیترات تجمع یافته در غده‌ها به شدت افزایش می‌یابد به‌طوری‌که در مزارعی که میانگین مصرف اوره در آن‌ها ۳۵۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده، میزان نیترات غده‌ها به‌ترتیب ۸ و ۱۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک، محاسبه شده است. هم‌چنین آن‌ها گزارش کردند مصرف زیاد اوره علاوه بر تجمع نیترات در غده‌ها و بروز سمیت آن‌ها باعث آبشویی نیترات به لایه‌های تحتانی خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز می‌شود. تعدادی از محققان از جمله ملکوتی و همکاران (۱۳۸۳ و ۱۳۸۴) حد بحرانی مجاز نیترات را ۲۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بر مبنای وزن خشک و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بر مبنای وزن تر اعلام نموده‌اند. از این رو در آزمایش حاضر مقادیر نیترات باقی‌مانده در غده‌ها فراتر از محدوده بحرانی نرفته و می‌توان اظهار داشت که میزان نیترات غده‌ها حتی در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار از مرز بحرانی نمی‌گذرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، اعمال تنش شدید خشکی (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی) منجر به افت معنی‌دار عملکرد غده در واحد سطح گردید، درحالی‌که عملکرد غده در تیمارهای شاهد و تنش متوسط اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نداشت. هر چند افزودن حدود۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به خاک در تیمار بدون تنش، منجر به تولید بیش‌ترین عملکرد غده شد اما عملکرد غده با مصرف حدود ۲۷۰ کیلوگرم کود اوره نیز در تیمار بدون تنش کاهش معنی‌دار نیافت. در مجموع در تنش‌های متوسط و شدید خشکی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد، مصرف ۲۷۰ کیلوگرم اوره در هکتار توصیه شد. تنش آبی درصد ماده خشک غده‌ها را افزایش داد اما اثر نیتروژن بر تغییرات این صفت، معنی‌دار نبود. در اثر خشکی، شاخص‌های ارزیابی تنش شامل میزان قندهای محلول در غده‌ها و پرولین برگ، افزایش یافتند. هم‌چنین تأمین کامل نیاز آبی و نیتروژن مورد نیاز سیب‌زمینی منجر به بهبود تشکیل کلروفیل در سلول‌های برگ گردید و با افزایش مصرف نیتروژن در خاک، میزان نیترات غده‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

منابع

اسکندری، ع.، خزاعی، ح.ر.، نظامی، ا. و کافی، م. ۱۳۹۰. مطالعه تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵ (۲): ۲۴۷-۲۴۰.

امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. جلد اول. ۱۲۶ ص.

باقری، ح.ر. و صفری، س. ۱۳۸۸. بررسی اثر تاریخ‌های کاشت زمستانه و بهاره بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سیب‌زمینی در استان چهار محال و بختیاری. گزارش نهایی طرح پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری. ۳۱ ص.

جلینی، م. و دوستی، ف. ۱۳۹۰. بررسی میزان تجمع نیترات در محصول سیب‌زمینی و گوجه فرنگی. فصل‌نامه علمی محیط زیست. ۵۰: ۷۱-۶۲

خزاعی، ح.ر. و ارشدی، م.ج. ۱۳۸۷. بررسی اثر مدیریت کود سرک نیتروژن با استفاده از کلروفیل‌متر بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی رقم آگریا در شرایط آب و هوایی مشهد. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲ (۲): ۶۳-۴۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

کریمی، م.م. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی اقالیم کشاورزی ایران. گروه اقلیم و کشاورزی، کمیسیون زیربنایی و تولیدی. مجمع تشخیص مصلحت نظام جمهوری اسلامی ایران. ۸۶ ص.

محنت‌کش، ع. ۱۳۷۳. تعیین آب مورد نیاز و دور آبیاری سیب‌زمینی در شهرکرد. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری. ۱۹ ص.

مدنی، ح.، مقیمی، آ. و ساجدی، ن.ع. ۱۳۸۹. تأثیر مقادیر مختلف زئولیت و دور آبیاری بر عملکرد و برخی صفات سیب‌زمینی. مجله یافته‌های نوین کشاورزی. ۴ (۳): ۲۸۹-۲۸۱.

ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. کنترل غلظت نیترات در سیب زمینی، پیاز و سبزی‌ها، ضرورتی انکارناپذیر در حفظ سلامتی جامعه. نشریه علمی پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب. ویژه نامه کشاورزی پایدار. ۱۲ (۶): ۹-۱.

ملکوتی، م.ج.، بای‌بوردی، ا. و طباطبایی س.ج. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود، گامی موثر در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش آلاینده‌ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقای سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی، چاپ اول. ۳۳۸ ص.

ملکوتی، م.ج.، نوری، ا.، سماواتی، س. و بصیرت، م. ۱۳۸۴. علل تجمع نیترات در سبزی‌های میوه‌ای (خیار، گوجه‌فرنگی و ...) و روش‌های کنترل آن. نشریه فنی شماره ۴۱۴ سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۲۰ ص.

موسوی‌فضل، س.ح. و فائزنیا، ف. ۱۳۸۷. اثر رژیم‌های مختلف رطوبتی و نیتروژن بر عملکرد و غلظت نیترات در غده‌های سیب‌زمینی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۲ (۲): ۲۵۰-۲۴۳.

نجف‌زاده، س. و احسان‌پور، ع. ا. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی دو رقم سیب زمینی (Concord و Kenebec) در شرایط کشت درون شیشه. دو فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. ۲ (۱): ۸۲- ۷۰.

ویسی‌پور، ا.، مجیدی، م.م. و میرلوحی، آ.ف. ۱۳۹۲. بررسی خصوصیات فیزیولوژیک در پاسخ به تنش خشکی در چند رقم اسپرس زراعی (*Onobrychis viciifolia*). دو فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۲۱ (۱): ۱۰۲-۸۷.

یزدان‌دوست، م. ۱۳۸۲. مطالعه تأثیر مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و تجمع نیترات در ارقام سیب‌زمینی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴ (۴): ۹۸۵-۹۷۷.

Alva, A.K., Ren, H. and Moore, A.D. 2012. Water and nitrogen management effects on biomass accumulation and partitioning in two potato cultivars. American Journal of Plant Sciences 3: 164-170.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

Ayas, S. 2013. The effects of different regimes on potato (*Solanum tuberosum* L. Hermes) yield and quality characteristics under unheated greenhouse conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19: 87-95.

Ayas, S. and Korukcu, A. 2010. Water-yield relationships in deficit irrigated potato. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University 24 (2): 23-26.

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Tear, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Benavides, M.P., Marconi, P.L., Gallego, S.M., Comba, M.E. and Tomaro, M.L. 2000. Relationship between antioxidant defense system and salt tolerance in *Solanum tuberosum*. Australian Journal of Plant Physiology 27: 273-278.

Bindi, M., Hacour, A., Vandermeiren, K., Craigon, J., Ojanpera, K., Sellden, G., Hogy, p., Finnan, J. and Fibbi, L. 2002. Chlorophyll concentration of potatoes grown under elevated carbon dioxide and ozone concentrations. Agronomy Journal 17: 319-335.

Chaves, M.M., Maroco, J.P. and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30: 239-264.

Darwish, T.M., Atallah, T.W., Hajhasan, S. and Haidar, A. 2006. Nitrogen and water use efficiency of fertigated processing potato. Agricultural water management 85: 95–104.

Demelash, N. 2013. Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. African Journal of Agricultural Research 8(11): 1144-1154.

Fabeiro, C., Santa Olalla, F. and de Juan, J.A. 2001. Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agricultural Water Management 48: 255–266.

Fsles, F.W. 1951. The assimilation and degradation of carbohydrates of yeast cells. Journal of Biology Chemistry 193: 113-116.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185–212.

FAO (Food and Agricultural Organization) 2014. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E.

Friedman, M. 2000. Nutritional value of proteins forms different food sources. Journal of Agriculture and Food Chemistry 48 (1): 6-29.

Gonzalez-Dugo, V., Durand, J.L. and GASTAL, F. 2010. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. Agronomy for Sustainable Development 30: 529–544.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

Haase, T., Schuler, C. and Heb, J. 2007. The effects of different N and K sources on tuber nutrient uptake, total graded yield of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) for processing. Agronomy Journal 26: 187-193.

Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fancelli, A.L., Da Silva, V.N., Schammass, E.A., Reis, T.A. and Correa, B. 2008. Influence of macro and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. Food Control 19: 36-43.

Hopmans, J.W. and Bristow, K.L. 2002. Current capabilities and future needs of root water and nutrient uptake modeling. Advances in Agronomy 77: 103–183.

Irna, A. and Mauromicale, G. 2006. Physiological and growth response to moderate water deficit of off-season potatoes in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 82: 193-209.

Jaleel, C.A, Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*; effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 110–116.

Joern, B.C. and Vitosh, M.L. 1995. Influence of applied nitrogen on potato. Part I: yield, quality and nitrogen uptake. American Potato Journal 72:51-63.

Lin, S., Sattelmacher, B., Kutzmutz, E., Muhling, K.H., Dittert, K., Kutzmutz, E. and Muhling, K.H. 2004. Influence of nitrogen nutrition on tuber quality of potato with special reference to the pathway of nitrate transport in to tubers. Journal of Plant Nutrition 27 (2): 341-350.

Liu, Y., Xu, S., Ling, T., Xu, L. and Shen, W. 2010. Heme oxygenase/carbon monoxide system participates in regulating wheat seed germination under osmotic stress involving the nitric oxide pathway. Journal of Plant Physiology 167 (16): 1371–1379.

Luhki, J. 1990. The influence of fertilization, site and year on the yield and qualitative parameters of potatoes. Rostlinna Vyroba 36 (8): 857-864.

Masoudi-Sadaghiani, F., Abdollahi Mandoulakani, B., Zardoshti, M.R., Rasouli-Sadaghiani, M.H. and Tavakoli, A. 2011. Response of proline, soluble sugars, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.) to different irrigation regimes in greenhouse condition. Australian Journal of Crop Science 5 (1):55-60.

Miller, G., Stein, H., Honig, A., Kapulnik, Y. and Ziberstein, A. 2005. Responsive modes of *Medicago sativa* proline dehydrogenase genes during salt stress and recovery dictate free proline accumulation. Journal of Planta 222: 70-79.

Monakhova, O.F. and Chernyadev, I.I. 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. Applied and Environmental Microbiology 38: 373-380.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

Nayyar, H. 2003. Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water stressed wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) as affected by calcium and its antagonists. Environmental and Experimental Botany 50: 253-264.

Parida, A.K., Dagaonkar, V.S., Phalak, M.S., Umalkar, G.V. and Aurangabadkar, L.P. 2007. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. Plant Biotechnology Reports 1: 37-48.

Passioura, J.B. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. Journal of Experimental Botany 58: 113-117.

Phene, C.J. and Sanders, D.C. 1976. High frequency trickle irrigation and row spacing effects on yield and quality of potatoes. Agronomy Journal 68: 602-607.

Pierret, A., Moran, C.J. and Doussan, C. 2005. Conventional detection methodology is limiting our ability to understand the roles and functions of fine roots. New Phytologist 166: 967–980.

Porporato, A., D'Odorico, P., Laio, F. and Rodriguez-Iturbe, I. 2003. Hydrologic controls on soil carbon and nitrogen cycles I. Modeling scheme. Advances in Water Resources 26: 45–58.

Porter, G.A., Opena, G.B., Bradbury, W.B., Mc Burnie, J.C. and Sission, J.A. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato. I. Soil properties, tuber yield and quality. Agronomy Journal 91: 416-425.

Prins, A.H. and Verkaar, H.J. 1992. Defoliation: Do physiological and morphological responses lead to (over) compensation? *In*: Ayres, P.G. (Ed.), Pests and Pathogens. Plant Responses to Foliar Attack. Bios Scientific Publishers. Oxford, UK 13-21.

Purves, W.K., Savada, S., Orians, G.H. and Heller, H.C. 2004. Life. The Science of Biology. Sinauer Associate's: Sunder land, 1121 p.

Rop, O., Bunka, F., Valasek, P. and Kramamarova, D. 2009. The influence of nitrogen fertilization on starch content and amino acid composition of very early harvested potato tubers. Acta Fytotechnica et Zootechnica 3: 72-75.

Sadras, V.O. 2005. A quantitative top-down view of interactions between stresses: theory and analysis of nitrogen-water co-limitation in Mediterranean agro-ecosystems. Australian Journal of Agricultural Research 56: 1151–1157.

Serraj, R. and Sinclair, T.R. 2002. Osmolyte accumulation, it really help increase crop yield under drought conditions. Plant, Cell and Environment 25: 333–341.

Shock, C.C., Shock, B.M. and Welch, T. 2013. Strategies for Efficient Irrigation Water Use. Oregon State University. Sustainable Agriculture Techniques 1-7.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]

Shock, C.C., Zalewski J.C., Stieber T.D. and Burnett D.S. 1992. Impact of early-season water deficits on Russet Burbank plant development, tuber yield and quality. American Potato Journal 69: 793–803.

Singh, J., Kaur, L., McCarthy, O.J., Moughan, P.J. and Singh, H. 2009. Development and characterization of extruded snacks from New Zealand Taewa (Maori potato). Flours 42: 666–673.

Sparrow, L.A. and Chapman, S.R. 2003. Effects of nitrogen fertilizer on potato (*Solanum tuberosum* L., cv. Russet burbank) in Tasmania. 1. Yield and quality. Australian Journal of Experimental Agriculture 43: 631-641.

Thornton, M.K. 2002. Effects of heat and water stress on the physiology of potatoes. Idaho Potato Conference, Idaho.

Vocal, B. and Radil, B. 1996. Effects of row spacing on tuber yield, dry matter content and starch in potatoes. Rostlinna Vyroba 42 (1): 5-9.

Waddell, J.T., Gupta, S.C., Moncrief, F., Rosen, C.J. and Steele, D.D. 1999. Irrigation and nitrogen management effects on potato yield, tuber quality, and nitrogen uptake. Agronomy Journal 91: 991-997.

Westermann, D.T., James, D.W., Tindall, T.A. and Hurst, R.L. 1994. Nitrogen and potassium fertilization on potatoes, sugars and starch. American Potato Journal 71 (7): 433-453.

Yuan, B.Z., Nishiyama, S. and Kang, Y. 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip irrigated potato. Agricultural Water Management 63: 153–167.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.1.3]