مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۸/ شماره ۴/ زمستان ۱۳۸۶/ص ۳۲-۱۹

# تأثیر کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی

**نادر نادری و علیرضا محمدی***

* به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود)، نشانی: شاهرود، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود)، ص. پ. ۳۱۳-۳۶۱۵۵، تلفن: ۲۲۲۲۴۹۳ (۰۲۷۳)، پیام‌نگار: naderi7367@yahoo.com؛ و عضو هیئت علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود)

تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۳/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۶/۳۱

## چکیده

**به منظور بررسی تاثیر آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد سیب‌زمینی و ارزیابی اقتصادی آن، طرحی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از: ۱- آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها، ۲- آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت، ۳- آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر، ۴- آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده، ۵- آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده، ۶- آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده، و ۷- آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده. در هر نوبت آبیاری، حجم آب مورد نیاز براساس روش پنمن- مانتیس محاسبه و با استفاده از کنتور حجمی و لوله‌های پلی‌اتیلن در اختیار هر تیمار قرار داده شد. نتایج دو سال آزمایش نشان دادکه در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر (تیمارهای ۲و۳)، ارتفاع بوته، تعداد غده در هر بوته، متوسط وزن غده‌ها و در نهایت عملکرد محصول به شدت کاهش یافته است. بین تیمار آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها (تیمار ۱) و سایر تیمارها (تیمارهای ۴، ۵، ۶، ۷) از نظر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. بنابراین، با مدیریت مناسب آبیاری می‌توان در مراحل اولیهٔ رشد و حتی تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده مصرف آب را کاهش داد بی‌آنکه تاثیری معنی‌دار در کاهش عملکرد داشته باشد. برای تحلیل اقتصادی از روش بودجه‌بندی جزیی و شاخص نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید استفاده شد. در تجزیه و تحلیل اقتصادی مشخص شد که تیمار ۷ دارای نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید برابر ۳/۰۳ است و مصرف آب در آن به جای ۸۶۳۴/۷ متر مکعب (تیمار ۱)، ۷۲۵۰ متر مکعب در هکتار است (۱۶ درصد کاهش یا صرفه‌جویی حدود ۱۳۸۴/۷ متر مکعب در هکتار). بنابراین توصیه می‌شود آبیاری بر اساس تیمار ۷ انجام گیرد تا بدون نقصان معنی‌دار عملکرد، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، هزینه‌های کارگری مربوط به آبیاری نیز کاهش یابد.**

## واژه‌های کلیدی

**آبیاری جویچه‌ای یک در میان، سیب‌زمینی، کارایی مصرف آب، کم‌آبیاری**

## مقدمه

در اکثر مناطق جهان، به ویژه در ایران، عامل محدودکنندهٔ تولیدات زراعی آب است. با توجه به روند افزایش جمعیت در ایران، آب یکی از مهم‌ترین مسائل برنامه‌ریزی کلان مملکتی برای خوداتکائی در تأمین غذاست. در روش کم‌آبیاری (واردکردن تنش‌های آبی مناسب)، با کاهش مقدار آب مصرفی و تعیین حد بهینه آن، به ظاهر ممکن است عملکرد در واحد سطح کاهش

یابد اما سرانجام با تـامین آب در مواقـع بحرانـی و کـاهش هزینه‌های استحـصال، انتقـال، و توزیـع آب سـود خـالص بیشتری عاید خواهد شد. علاوه بـر آن، بـا اسـتفاده از آب صرفه‌جویی‌شده می‌توان اراضی بیشتری را زیر کـشت بـرد (Kheirabi *et al*., 1996). از روش‌هـای کـم‌آبیـاری یکـی آبیاری جویچـه‌ای یـک در میـان ثابـت و دیگـری آبیـاری جویچه‌ای یک در میان متناوب است. در روش‌های سنتی آبیاری سطحی، تمـام سـطح مزرعـه آبیـاری مـی‌شـود در حالتی که گیاه زراعی تمامی سطح مزرعـه را مخـصوصاً در ابتـدای فـصل نپوشـانده اسـت. بنـابراین مقـداری از آب تلف می‌شود. در روش جویچه‌ای یک در میان که بخـشی از مزرعه آبیاری می‌شود سطح تبخیر آب کاهش می‌یابـد و در نتیجـــه آب کمتـــری نیـــز وارد مزرعـــه مـــی‌گـــردد (Sepaskhah, 1996). فاصلهٔ بین جویچه‌های آبیاری‌شـده هرگز نباید بیشتر از ۶ فوت باشد. این روش ممکـن اسـت در زمین‌های شیب‌دار و در خاک‌های با نفوذپذیری پـایین نتیجهٔ مطلوب نداشته باشد (Yonts *et al*., 2007).

وانـدر زاگ (Vander Zagg, 1982) در مـورد نحـوهٔ آبیاری سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد بـه نتـایج زیـر رسیده است: در مرحلهٔ کاشت تا سبزشدن، خـاک اطـراف غده بذری باید مرطوب باشد ولی نبایـد غرقـاب شـود. در مرحلهٔ سبزشدن تا تشکیل غده‌هـا، گیاهـان کوچـک‌انـد و پوشش گیاهی خاک کامل نیست و بنابراین تبخیر- تعـرق از مزرعه در این مرحله نزدیک به نـصف زمـانی اسـت کـه پوشش گیاهی کامل می‌شود. آبیاری زیاد با دور کوتـاه در ایـن مرحلـه، رشـد ریـشه‌هـا و گـسترش آنهـا را محـدود می‌سازد. از مرحلهٔ تشکیل غده‌هـا بـه بعـد بایـد رطوبـت متناسب و کافی در اطراف غده‌های جوان تـأمین شـود تـا غده بیشتری در زمان برداشت بـه دسـت آیـد. از مرحلـهٔ رشد و بزرگ‌شدن غده‌ها تا برداشت، سطح برگ و پوشـش گیاهی نیـز با سرعت بیـشتر افزایـش می‌یابـد و رطوبـت بیشـتری نسبت به مراحل اولیهٔ رشـد مورد نیاز است.

حقیقت (Haghighat, 2001) در تحقیقی در اصـفهان تأثیر رژیم‌هـای مختلـف آبیـاری را در دو مرحلـه از رشـد سیب‌زمینی بررسی و توصیه کرد برای محاسبهٔ آب مصرفی قبل از تشکیل غـده ۴۰ درصـد و پـس از آن ۱۰۰ درصـد تبخیر از تشت کلاس A در نظر گرفته شود.

فـیش‌بـاخ و مـولینر (Fishbach & Mulliner, 1974) نشان دادند که آبیـاری جویچـه‌ای یـک در میـان ذرت در خاک لوم رسی سیلتی به طور متوسـط ۲۹ درصـد در آب آبیاری صرفه‌جویی می‌شود در حالی که عملکرد دانه حدود ۲/۷ درصد کاهش می‌یابد.

سپاســـــــخواه و خواجـــــــه‌عبـــــــداللهی (Sepaskhah & Khajehabdollahi, 2005) آبیـــــــاری جویچه‌ای معمولی و آبیاری یک در میان ثابـت و متغیـر را روی ذرت در دورهای مختلف آبیاری در دو منطقه بررسی کردند که در یکی سـطح آب زیرزمینـی بـالا و در دیگـری عمیق بود. در کوشکک با سطح آب زیرزمینی کـم ( بـین ۱/۳۱ تا ۱/۶۷ متر)، عملکرد دانه در آبیاری جویچه‌ای یک در میان در دورهای ۴ و ۷ روز با عملکرد دانـه در آبیـاری معمولی با دورهای ۷ و ۱۰ روز تفاوت معنـی‌داری نداشـت زیرا در این منطقه آب زیرزمینی در تأمین آب مـورد نیـاز گیاه (حدود ۵ تا ۱۰ درصد) دخالت مـی‌کـرد. در باجگـاه (با آب زیرزمینی عمیق) عملکرد دانه در آبیاری جویچـه‌ای یک در میان با دور آبیاری کوتاه تر (۴ روزه) اثر تنش آبـی را کاهش داد و در نتیجه در مقایسه با آبیاری معمـولی (بـا دور ۷ روز) با وجود کـاهش مـصرف آب، عملکـرد کـاهش نیافت. در بررسی اقتصادی مشاهده شد که سود به دسـت

آمده برای کشاورز با مقدار آب آبیاری و راندمان کاربرد آب رابطهٔ مستقیم و با قیمت آب رابطهٔ عکس دارد. در کوشکک، اگر کشاورز مجبور باشد قیمت واقعی آب را بپردازد برای اقتصادی‌بودن کشت ذرت راندمان کاربرد آب باید بیشتر از ۶۰ درصد باشد. سپاسخواه (Sepaskhah, 1996) در تحقیق دیگر در مورد روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان روی چغندرقند، تأثیر متقابل آبیاری جویچه‌ای یک در میان را با دورهای ۶، ۱۰، و ۱۲ روز بر عملکرد ریشه و میزان مصرف آب بررسی کرد. نتایج نشان داد که آبیاری جویچه‌ای یک در میان با دور ۶ روزه قادر است با مصرف آب کمتر، محصولی برابر با آبیاری جویچه‌ای با دور ۱۰ روز و با مصرف آب بیشتر تولید کند.

خرمیان (Khorramian, 2002) اثر کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان را بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان بررسی کرد. نتایج دو سال آزمایش نشان داد که در سه تیمار آبیاری: جویچه‌ای یک در میان متناوب تا شروع گلدهی، آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت تا شروع گلدهی، و آبیاری معمولی، میزان عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد در یک سطح آماری قرار دارد، ضمن آنکه میزان آب صرفه‌جویی‌شده در تیمار آبیاری یک در میان متناوب تا شروع گلدهی نسبت به آبیاری معمولی در حدود ۳۰ درصد است.

عرب‌زاده و توکلی (Arabzadeh & Tavakoli, 2006) مدیریت کم‌آبیاری را در خشکه‌کاری برنج از لحاظ اقتصادی تحلیل و مشخص کردند که تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحلهٔ بذرپاشی در دورهٔ رشد دارای ارتفاع متناوب آب آبیاری (صفر تا پنج سانتی‌متر) است نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید آن ۱/۵۷ است و با ۲۵ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به شاهد (تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحلهٔ بذرپاشی ارتفاع آب در آن ۵ سانتی‌متر و در سرتاسر مرحله رشد غرقاب دائم است) تنها ۸ درصد افت عملکرد دارد و سود خالص به ازای واحد آب مصرفی، نسبت به شاهد، ۱۹/۴ درصد بیشتر است.

یکی از مشکلات سیب‌زمینی‌کاران استان سمنان کمبود آب در بهار و اوایل تابستان به دلیل نیاز شدید باغ‌ها و گندم به آبیاری است. این پژوهش با هدف ارزیابی اقتصادی آبیاری جویچه‌ای یک در میان و کاهش مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی، به خصوص تا اوایل تابستان (انتهای مرحلهٔ غده‌بندی و گل‌دهی سیب‌زمینی)، طی دو سال زراعی در مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود در استان سمنان اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات محل

این تحقیق از سال ۱۳۸۲ به اجرا درآمد. آمار هواشناسی منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است.

قبل از کاشت، برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند بافت، چگالی ظاهری خاک، رطوبت وزنی درظرفیت زراعی، و نقطهٔ پژمردگی دائم تعیین شد که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

**جدول ۱- آمار هواشناسی محل اجرای طرح طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳**

| ماه‌های اجرای آزمایش | متوسط حداقل دما (درجهٔ سانتی‌گراد) | | متوسط حداکثر دما (درجهٔ سانتی‌گراد) | | متوسط حداقل رطوبت نسبی (درصد) | | متوسط حداکثر رطوبت نسبی (درصد) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۸۲ | ۸۳ | ۸۲ | ۸۳ | ۸۲ | ۸۳ | ۸۲ | ۸۳ |
| اردیبهشت | ۶/۸۵ | ۹/۳۵ | ۲۱/۷۲ | ۲۴/۲۵ | ۳۵/۳۵ | ۳۶/۸ | ۶۲ | ۴۲ |
| خرداد | ۱۱/۸۷ | ۱۲/۸۷ | ۲۷/۱۲ | ۲۸/۳۵ | ۳۱/۴۱ | ۲۸/۱۲ | ۵۸/۵۴ | ۵۲/۹ |
| تیر | ۱۹ | ۱۴/۸۷ | ۳۳ | ۲۹/۹۷ | ۲۶ | ۱۷/۰۳ | ۵۴ | ۵۴/۷۷ |
| مرداد | ۱۷ | ۱۷ | ۳۲ | ۳۳ | ۲۹ | ۲۵ | ۵۵ | ۵۷ |
| شهریور | ۱۳ | ۱۳/۸۲ | ۲۹ | ۲۸/۹۰ | ۳۲ | ۲۸/۵۴ | ۶۰ | ۵۹/۳۲ |
| مهر | ۸/۱۶ | ۷ | ۲۴/۶ | ۲۳/۵۶ | ۳۰/۳۶ | ۲۶/۰۲ | ۵۳/۵۳ | ۵۲/۹۳ |

**جدول ۲- برخی خصوصیات خاک محل آزمایش**

| عمق خاک (سانتی‌متر) | شن (درصد) | سیلت (درصد) | رس (درصد) | بافت خاک | جرم مخصوص ظاهری خاک ( گرم بر سانتی‌متر مکعب) | رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی (درصد) | رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰-۳۰ | ۴۵ | ۳۲ | ۲۳ | لوم | ۱/۴۶ | ۲۰/۷ | ۹/۵ |
| ۳۰-۶۰ | ۴۵ | ۳۴ | ۲۱ | لوم | ۱/۵۹ | ۱۹/۷ | ۹/۰ |

## طرح آماری و انتخاب تیمارها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۷ تیمار آبیاری به شرح زیر اجرا شد.

۱- آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها، ۲- آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت، ۳- آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر (یعنی در هر نوبت آبیاری، جویچه‌ها یکی در میان آب را هدایت می‌کردند و در نوبت بعدی آبیاری، این جویچه‌ها بسته می‌شدند و آب در جویچه‌هایی هدایت می‌شد که در نوبت قبلی مسدود بوده‌اند)، ۴- آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده (جمعاً ۶ آبیاری)، ۵- آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده (جمعاً ۹ آبیاری)، ۶- آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده (جمعاً ۶ آبیاری)، و ۷- آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده (جمعاً ۹ آبیاری).

مرحله تشکیل غده‌ها نسبتاً کوتاه و همزمان با مرحلهٔ گلدهی است و حدود ۲۰ روز طول کشید. در این مرحله، مکانیزم‌های هورمونی فعال‌اند و غده‌های ریز در انتهای استولون‌ها تشکیل می‌شوند. این مرحله یکی از مراحل مهم رشد گیاه است و تنش خشکی در این مرحله، از تعداد غده در هر بوته (که یکی از مهمترین اجزای عملکرد است) می‌کاهد ضمن آنکه متوسط اندازهٔ غده و وزن مخصوص غده‌ها را نیز به شدت کاهش می‌دهد. هر کرت آزمایشی به طول ۸ متر شامل ۵ خط کاشت ۷۵ سانتی‌متری با فواصل روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و رقم

سیب‌زمینی اگریا در نظر گرفته شد.

## روش آبیاری

مقدار آب آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه محاسبه شد. راندمان آبیاری ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. برای تعیین آب آبیاری، تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از روش پنمن- مانتیس توسط برنامه کامپیوتری CROPWAT تعیین و با اعمال ضرایب Kc (بر اساس روش FAO) تبخیر- تعرق محصول به دست آمد (Kheirabi *et al*., 1997). با احتساب بازدهی ۹۵درصد و سطح کرت‌ها، حجم آب آبیاری محاسبه و میزان آب مورد نیاز هر تیمار با کنتور حجمی اندازه‌گیری شد و از طریق لوله‌های پلی‌اتیلن در هر یک از جویچه‌ها وارد گردید. به منظور ایجاد شرایط یکنواخت تا سبزشدن کامل مزرعه، اولین و دومین آبیاری به فاصلهٔ یک هفته برای همهٔ تیمارها به طورکامل و یکسان اجرا شد. حجم آب به کار رفته در این دو آبیاری در مجموع ۶۱۴/۲ متر مکعب در هکتار بود. در تیمارهای معمولی عمق ناخالص آبیاری به طور کامل به همهٔ جویچه‌ها و در تیمارهای آبیاری یک در میان ۵۰ درصد آن به سه جویچه اضافه شد. تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده جمعاً ۶ آبیاری و در مرحلهٔ تشکیل غده ۳ آبیاری و بعد از این مرحله تا پایان دوره ۱۱ آبیاری صورت گرفت. طی دورهٔ رشد، تیمارهای آبی اعمال و عملیات لازم زراعی مانند مبارزه با علف‌های هرز، آفات، و بیماری‌ها به صورت یکسان برای همهٔ تیمارها اعمال و یادداشت‌برداری‌های لازم شامل ارتفاع بوته، تعداد غده در هر بوته، و عملکرد ثبت شد. پس از حذف ۲ متر از طول کرت از هر طرف و یک ردیف کاشت از هر طرف، برداشت نهایی سیب‌زمینی از ۹ متر مربع داخل هر کرت انجام گرفت. پارامترهای اندازه‌گیری‌شده با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری MSTATC به طور جداگانه در هر سال از لحاظ آماری تجزیه و تحلیل شد و داده‌های دو سال تجزیهٔ مرکب شد (جدول ۳). داده‌های تجزیهٔ واریانس میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

## ارزیابی اقتصادی

برای ارزیابی اقتصادی تحقیق، هزینه های تولید شامل هزینه‌های ثابت ومتغیر در نظر گرفته شد و با توجه به میزان محصول تولیدی، ابتدا درآمد ناخالص و پس از آن سود خالص تعیین شد. هزینه‌های کاشت، داشت، و برداشت (به غیر از آبیاری) برای تمام تیمارها مساوی و برابر ۹۶۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد. هزینه‌های متغیر در تیمارهای مختلف، هزینه‌های آبیاری و شامل دو هزینهٔ آب آبیاری و هزینهٔ کارگر آبیار است. هزینهٔ یک متر مکعب آب ۵۰۰ ریال و قیمت هر کیلوگرم سیب‌زمینی نیز برابر ۲۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد. بر این اساس، سود خالص و نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید (B/C) برای هر تیمار محاسبه شد.

# نتایج و بحث

## میزان مصرف آب

در جدول ۴ متوسط میزان آب مصرفی در تیمارهای آزمایشی آورده شده است. متوسط میزان مصرف آب در تیمار آبیاری کامل ۸۶۳۴/۷، در تیمارهای تنش تا ابتدای مرحله تشکیل غده‌ها (تیمارهای ۴ و ۶) برابر ۷۸۷۵/۰۵ (حدود ۱۰ درصد کمتر)، در تیمارهای تنش تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمارهای ۵ و ۷) برابر ۷۲۵۰/۰۵ (حدود ۱۶ درصد کمتر)، و در تیمارهای تنش در تمام

مراحل رشد (تیمارهای ۲ و ۳) ۴۶۱۷/۱ مترمکعب در هکتار (یعنی ۴۷ درصد) کمتر است.

**ارتفاع بوته**

ادغام نتایج دو سال آزمایش و تجزیهٔ مرکب آنها نشان می‌دهد که ارتفاع بوته تحت تاثیر (α= ۵ درصد) تیمارهای آزمایشی قرار گرفته است (جدول ۳). با مقایسهٔ میانگین‌ها مشخص شد که تیمارهای آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها (تیمار ۱)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده (تیمار ۷)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۶)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۴)، و آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۵) به ترتیب با متوسط طول بوته ۵۶/۵۳، ۵۳/۹۸، ۵۳/۴۹، ۵۳/۰۹، و ۵۱/۷۸ سانتی‌متر در یک گروه آماری قرار دارند و نسبت به سایر تیمارها بلندتر بودند (جدول ۴).

از جدول ۴ درمی‌یابیم که با کاهش مصرف آب ارتفاع بوته به شدت کاهش می یابد به طوری که در تیمارهای ۲ و۳ که مصرف آب بیش از سایر تیمارهاکاهش می‌یابد به ترتیب با متوسط طول بوته ۴۶/۸۸ و ۴۱/۳۸ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را دارند. گزارش‌های کرافیلیدز و همکاران (Karafyllidis *et al*., 1991) و نتایج اخیر دبلوند و لدنت (Deblonde & Ledent, 2001) نیز نشان می‌دهد که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته در سیب‌زمینی می‌شود.

**تعداد غده در هر بوته**

با تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از دو سال آزمایش مشخص شد که تیمارهای آزمایشی به شدت (α= ۱ درصد) تعداد غده در هر بوته را تحت تاثیر قرار می‌دهند (جدول ۳). بررسی دو ساله میانگین‌ها نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها (تیمار ۱)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۶)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۴)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۷)، و آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۵) به ترتیب با متوسط ۸/۴۱، ۷/۵، ۷/۴، ۷/۱۵ و ۶/۳۴ غده در هر بوته در یک گروه آماری قرار دارند (جدول ۴). تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متغیر (تیمارهای ۲ و ۳) کمترین مقدار این پارامتر را دارند (جدول۳ و۴). لازم است یادآوری شود که در تیمارهای مذکور مقدار مصرف آب نصف تیمار آبیاری کامل و بنابراین تنش خشکی شدید است. تینگودا و دواکومار (Thinmegowda & Devakumar, 1993) گزارش کردند که در اثر تنش خشکی از تعداد غده در هر بوته کاسته می‌شود. در سایر گزارش‌ها نیز نشان داده شده است که تنش شدید خشکی تا قبل از تشکیل غده‌ها تعداد غده‌ها را به شدت تنزل می‌دهد.

**جدول ۳- نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب صفات مورد بررسی طی سال‌های ۱۳۸۲ و۱۳۸۳**

| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد غده در هر بوته | وزن کل غده‌های درشت | وزن کل غده‌های متوسط | وزن کل غده‌های ریز | عملکرد (تن در هکتار) | کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۱۷/۲۱** | ۳/۵۱ | ۰/۱۱ | ۵/۰۲ | ۰/۷۴ | ۲۸/۲۶ | ۳۷/۲۷ |
| خطا | ۴ | | | | | | | |
| تیمار | ۶ | ۲/۵۱* | ۵/۲۰** | ۲/۷۵ * | ۱/۶۷* | ۱/۱۴ | ۶/۸۱** | ۰/۶۹ |
| سال و تیمار | ۶ | ۱/۸۵ | ۰/۶۴ | ۰/۹۴ | ۲/۳۳ | ۰/۸۵ | ۰/۹۷ | ۰/۷۹ |
| خطا | ۲۴ | | | | | | | |
| ضریب تغییرات | | ۹/۴۳ | ۱۹/۰۸ | ۶۸/۳۴ | ۳۸/۸۶ | ۳۸/۶۳ | ۲۸/۶۸ | ۲۸/۲۹ |

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

**جدول۴- مقایسهٔ میانگین‌ها و گروه‌بندی صفات مورد بررسی طی سال‌های زراعی ۸۲ و ۸۳**

| ردیف | تیمار آبیاری | حجم آب مصرفی (مترمکعب) | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد غده در هر بوته | وزن کل غده‌ها برحسب اندازه (کیلوگرم) | | عملکرد (تن در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | غده‌های درشت | غده‌های متوسط | |
| ۱ | آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها | ۸۶۳۴/۷ | ۵۶/۵۳a | ۸/۴۱a | ۴/۰۵a | ۴/۰۸ab | ۲۷/۱۳a |
| ۲ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت | ۴۶۱۷/۱ | ۴۶/۸۸c | ۵/۱۳bc | ۰/۷b | ۳/۲۸ab | ۱۱/۸۴b |
| ۳ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر | ۴۶۱۷/۱ | ۴۱/۳۸bc | ۵/۳۸bc | ۱/۸۶bc | ۲/۷۱b | ۱۱/۸۸b |
| ۴ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۸۷۵ | ۵۳/۰۹abc | ۷/۴۹ab | ۳/۲۱ab | ۴/۷۶a | ۲۰/۵۵a |
| ۵ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۲۵۰ | ۵۱/۷۸abc | ۶/۳۴abc | ۱/۸۳bc | ۴/۸۳a | ۱۷/۹۶ab |
| ۶ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۸۷۵ | ۵۳/۴۹ab | ۷/۵۰ab | ۲/۰۸abc | ۴/۱۵ab | ۲۱/۱۳ab |
| ۷ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۲۵۰ | ۵۳/۹۸ab | ۷/۱۵abc | ۳/۴۳ab | ۳/۳۵ab | ۲۲/۶۶a |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

**اندازه غده‌ها**

اندازهٔ غده سیب‌زمینی پارامتری مهم است که در بازارپسندی محصول سیب‌زمینی نقش دارد. غده‌های سیب‌زمینی را از نظر وزنی به سه اندازه بزرگ (بیش از ۱۰۰ گرم)، متوسط (۱۰۰-۵۰ گرم)، و ریز (کمتر از ۵۰ گرم) تقسیم می‌کنند.

**غده‌های درشت**

تیمارهای آزمایشی بر این پارامتر مؤثر بودند ($\alpha$= ۵ درصد) (جدول ۳)، به طوری که تیمار آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها (تیمار ۱)، آبیاری یک در میان متغیر تا انتهای تشکیل غده‌ها (تیمار ۷)، آبیاری یک در میان ثابت تا ابتدای تشکیل غده‌ها (تیمار۴)، آبیاری یک در میان متغیر تا ابتدای تشکیل غده‌ها (تیمار ۶) به ترتیب با متوسط ۴/۰۵، ۳/۴۳، ۳/۲۱، و ۲/۰۸ غدهٔ درشت در هر پلات بیشترین غده‌های درشت را داشتند (جدول ۴).

**غده‌های متوسط**

بین تیمارها از نظر تعداد غده‌های متوسط اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳) به طوری که تیمار آبیاری یک در میان متغیر با متوسط ۲/۷۱ غده متوسط، کمترین تعداد این پارامتر را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

**غده‌های ریز**

بین تیمارهای آزمایشی از نظر تعداد غده‌های ریز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳). اندازهٔ غده‌ها صفتی است که بستگی دارد به شرایط محیطی و چگونگی آبیاری در مرحلهٔ پر شدن غده‌ها که متاثر از طولانی‌ترین مراحل رشد سیب‌زمینی است. در این آزمایش مشاهده شد که تیمارهای ۱، ۴، ۶، و ۷ که در مرحلهٔ پر شدن غده‌ها دچار تنش رطوبتی نبودند بالاترین درصد غده‌های درشت و متوسط را دارند و در تیمارهای ۲ و ۳ که در این مرحلهٔ رشدی با تنش روبه‌رو بودند غده‌های درشت و متوسط به شدت کاهش یافته است. به طور کلی تنش پس از مرحلهٔ تشکیل غده‌ها بر کیفیت و عملکرد غده‌ها تاثیر می‌گذارد (Haverkort & Bodlaender, 1990). فابریو و همکاران (Fabeiro *et al*., 2001) نیز در آزمایش خود بیشترین تعداد غده‌های درشت را از تیمارهایی به دست آوردند که در مراحل پایانی با تنش رو به رو نبودند.

**عملکرد**

عملکرد سیب‌زمینی، حاصل تجمع مادهٔ خشک در غده‌ها طی دورهٔ رویشی محصول است. ادغام نتایج حاصل از دو سال آزمایش نشان می‌دهد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر عملکرد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳) و تیمارهای آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها (تیمار ۱)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۴)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۷)، آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۶)، و آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۵) به ترتیب با متوسط عملکرد ۲۷/۱۳، ۲۰/۵۵، ۲۲/۶۶، ۲۱/۱۳ و ۱۷/۹۶ تن در هکتار نسبت به سایر تیمارها عملکرد بالاتری دارند و در یک گروه آماری قرار می‌گیرند (جدول ۴).

مطابق جدول ۴، با کاهش مصرف آب عملکرد نیز کاهش می‌یابد. در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر (تیمارهای ۲ و ۳) که مصرف آب در آنها نسبت به شرایط معمول ۴۷ درصد کمتر است، با

کاهش عملکرد حدود ۵۶ درصد، کمترین عملکرد را دارند. روبرت و میدلتون (Roberts & Middleton, 1972) گزارش کردند که تنش خشکی توسعهٔ سیستم ریشه‌ای گیاه، سطح برگ، نمو سبزینه‌ای، و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد. تینگودا و دواکومار (Thinmegowda & Devakumar, 1993) گزارش کردند تنش خشکی در مراحل طویل‌شدن استولن، تشکیل غده، و رشد غده به ترتیب ۱۳، ۴۱، و ۴۷ درصد عملکرد محصول را کاهش می‌دهد. وان لون (Van Loon, 1981) گزارش کرد که تاثیر کاهش تنش در زمان پرشدن غده‌ها بیش از سایر مراحل است، این شواهد با نتایج آزمایش همسان است.

تیمارهای ۶، ۷، ۴، ۱، و ۵ از نظر عملکرد در یک گروه آماری هستند (جدول ۴)، بنابراین با مدیریت مناسب آبیاری می‌توان در مراحل اولیهٔ رشد و حتی تا انتهای مرحلهٔ گلدهی (غده‌دهی) مصرف آب را کاهش داد بی‌آنکه تأثیری چشمگیر در کاهش عملکرد داشته باشد و به عبارت دیگر، مصرف آب از ۸۶۳۴ مترمکعب در هکتار (تیمار ۱) به ۷۲۵۰/۰۰ مترمکعب در هکتار (تیمارهای ۵ و ۷) کاهش می‌یابد و حدود ۱۶ درصد در آب مصرفی صرفه‌جویی می‌شود.

## کارایی مصرف آب

متخصصان علوم آب و خاک کارایی مصرف آب را به صورت نسبت محصول تولیدشده در واحد سطح به حجم آب مصرفی در همان سطح تعریف کرده‌اند. بین تیمارهای آزمایشی از نظر این پارامتر اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ولی تیمارهای آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها (تیمار ۱) و آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (تیمار ۷) به ترتیب با کارایی مصرف آب ۳/۱۴ و ۳/۱۲ کیلوگرم به ازای مترمکعب آب بیشترین کارایی مصرف آب را به خود اختصاص داده‌اند.

در تیمار آبیاری کامل به دلیل نبود تنش، عملکرد بالاتر است و در تیمارهای کم‌آبیاری همزمان با کاهش آب مصرفی عملکرد نیز مقداری کاهش یافته است (جدول ۵) و از این رو کارایی مصرف آب در آنها اختلاف معنی‌داری پیدا نکرده است. محققان معتقدند که سیب‌زمینی دارای مکانیسم مقاومت به تنش است که در آن غده به عنوان مخزن آب گیاه عمل می‌کنند و در دوران تنش آب از ریشه، ساقه و غده به سری برگ حرکت می‌کند و همین عمل برای توقف رشد غده‌ها کافی است (Kouchaki & Nasiri Mahalati, 1992). با ادامهٔ استرس خشکی، فتوسنتز گیاه تحت تنش کاهش می‌یابد و بیوماس و عملکرد غده تقریباً به تناسب مصرف آب کاهش پیدا می‌کند و بنابرین کارایی مصرف آب به طور کلی پایدار می‌ماند.

## جنبه‌های اقتصادی

عملکرد محصول، میزان آب مصرفی، هزینهٔ تولید، درآمد ناخالص، سود خالص، و نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید (B/C) در جدول ۵ نشان داده شده است.

**جدول ۵- میزان درآمد، هزینه، سودخالص، و نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید (B/C) در تیمارهای مختلف آبیاری**

| ردیف | تیمارآبیاری | آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) | عملکرد (تن در هکتار) | هزینه آب آبیاری (ریال در هکتار) | هزینهٔ کل (ریال) | درآمد ناخالص (ریال در هکتار) | سود خالص (ریال در هکتار) | B/C (ریال در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها | ۸۶۳۴/۷ | ۲۷/۱۳a | ۴۳۱۷۳۵۰ | ۱۵۹۱۷۳۵۰ | ۵۴۲۶۰۰۰۰ | ۳۸۳۴۲۶۵۰ | ۳/۴۰ |
| ۲ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت | ۴۶۱۷/۱ | ۱۱/۸۴b | ۲۳۰۸۵۵۰ | ۱۳۰۰۸۵۵۰ | ۲۳۶۸۰۰۰۰ | ۱۰۶۷۱۴۵۰ | ۱/۸۲ |
| ۳ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر | ۴۶۱۷/۱ | ۱۱/۸۸b | ۲۳۰۸۵۵۰ | ۱۳۰۰۸۵۵۰ | ۲۳۷۶۰۰۰۰ | ۱۰۷۵۱۴۵۰ | ۱/۸۳ |
| ۴ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۸۷۵ | ۲۰/۵۵a | ۳۹۳۷۵۰۰ | ۱۵۳۳۷۵۰۰ | ۴۱۱۰۰۰۰۰ | ۲۵۷۶۲۵۰۰ | ۲/۶۸ |
| ۵ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۲۵۰ | ۱۷/۹۶ab | ۳۶۲۵۰۰۰ | ۱۴۹۲۵۰۰۰ | ۳۵۹۲۰۰۰۰ | ۲۰۹۹۵۰۰۰ | ۲/۴۱ |
| ۶ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۸۷۵ | ۲۱/۱۳ab | ۳۹۳۷۵۰۰ | ۱۵۳۳۷۵۰۰ | ۴۲۲۶۰۰۰۰ | ۲۶۹۲۲۵۰۰ | ۲/۷۶ |
| ۷ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۷۲۵۰ | ۲۲/۶۶a | ۳۶۲۵۰۰۰ | ۱۴۹۲۵۰۰۰ | ۴۵۳۲۰۰۰۰ | ۳۰۳۹۵۰۰۰ | ۳/۰۳ |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بر اساس جدول ۵، تیمار ۱ بالاترین عملکرد را دارد اما بیشترین مقدار مصرف آب نیز مربوط به این تیمار است؛ تیمارهای ۲ و ۳ کمترین مقدار مصرف آب را دارند ولی افت عملکرد در آنها حداکثر است (جدول ۶). از میان تیمارهای باقیمانده (تیمارهای ۴، ۵، ۶، و ۷) کمترین درصد کاهش عملکرد و بیشترین مقدار آب صرفه‌جویی شده مربوط به تیمار ۷ است که اجرای این روش، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد، باعث ۱۶ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شده است. در این روش، نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل (B/C) و سود خالص نیز به ترتیب برابر ۳/۰۳ و ۳۰۳۹۵۰۰۰ ریال است که بیشترین مقدار را در میان تیمارهای باقیمانده دارد. از نظر نیروی کارگری نیز با توجه به اینکه تا انتهای مرحله تشکیل غده‌ها (انتهای گل دهی) تقریباً نیمی از جویچه‌ها آبیاری می‌شوند لذا کارگر آبیار مورد نیاز نیز کاهش می‌یابد.

**جدول ۶- درصد کاهش عملکرد و مصرف آب در تیمارهای مختلف**

| ردیف | تیمار | درصد کاهش عملکرد | درصد کاهش مصرف آب |
|---|---|---|---|
| ۱ | آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها | -------- | ---------- |
| ۲ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت | ۵۶/۳۶ | ۵۰ |
| ۳ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر | ۵۶/۲۱ | ۵۰ |
| ۴ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۲۴/۳ | ۸/۸ |
| ۵ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان ثابت تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۳۳/۸ | ۱۶ |
| ۶ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا ابتدای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها | ۲۲/۱۲ | ۸/۸ |
| ۷ | آبیاری جویچه‌ها یک در میان متغیر تا انتهای مرحله تشکیل غده‌ها | ۱۶/۴۸ | ۱۶ |

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تاثیر روش‌های آبیاری شامل جویچه‌ای معمولی و جویچه‌ای یک در میان (ثابت و متغیر) در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی از لحاظ اقتصادی بررسی شد. در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر، در هر نوبت آبیاری در یکی از جویچه‌ها آب جریان می‌یابد و در نوبت بعدی این جویچه‌ها بسته می‌شوند و آب در جویچه‌هایی هدایت می‌شود که در نوبت قبلی مسدود بوده‌اند. مشخص شد اگر بخواهیم از روش جویچه‌ای یک در میان برای آبیاری سیب‌زمینی استفاده کنیم با مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی درست از طریق آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر تا انتهای مرحلهٔ تشکیل غده‌ها (انتهای گلدهی) یعنی دو ماه پس از کشت، می‌توان میزان مصرف آب را حدود ۱۶ درصد نسبت به شرایط معمول کاهش داد بی‌آنکه تاثیری معنی‌دار در عملکرد محصول به وجود آید. نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ کل (B/C) و سود خالص نیز در این روش به ترتیب برابر ۳/۰۳ و ۳۰۳۹۵۰۰۰ ریال محاسبه شد که در میان تیمارهای کم‌آبیاری بیشترین مقدار را دارد. اعمال کم‌آبیاری در دورهٔ رشد از طریق جویچه‌های یک در میان ثابت یا متغیر (تیمارهای ۲ و ۳) باعث کاهش مصرف آب به میزان ۴۷ درصد نسبت به شرایط معمول می‌شود اما به دلیل کاهش ارتفاع بوته، تعداد غده در هر بوته، و وزن غده‌ها (کاهش غده‌های درشت و متوسط) کاهش شدید عملکرد محصول را در پی دارد و قابل توصیه نیست.

## مراجع

**Arabzadeh, B. and Tavakoli, A. 2006. Economic analysis of deficit irrigation management for rice in direct dry seeded farming. J. Agric. Eng. Res. 7(26): 99-110. (in Farsi)**

**Deblonde, P. M. K. and Ledent, J. F. 2001. Effect of moderate drought condition on green leaf number, Stem height, leaf lengh and tuber yield of potato cultivars. Europ. J. Agron. 14, 31-41.**

**Fabeiro, C., Santa Olalla, F. M. and Juan, J. A. 2001. Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agric. Water Manag. 48(3): 255-266.**

**Fishbach, P. E. and Mulliner, H. R. 1974. Every-other furrow irrigation of corn. Trans. ASAE. 17(3): 426- 428.**

**Haghighat, S. 2001. The effect of irrigation regimes on yield and quality of potatoes. J. Soil Water. 12(10): 29-35. (in Farsi)**

**Haverkort, A. J., Waart, M. V. D. and Bodlaender, K. R. A. 1990. The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. Potato Res. 33(1): 84-96.**

**Karafyllidis, D. I., Starropoulos, N. and Georakis, D. 1991. The effect of water stress on yield capacity of potato crop and subsequent performance of seed tuber. Potato Res. 39(2): 153-163.**

**Khajehabdollahi, M. H. and Sepaskhah, A. 1995. Economic investigation of alternate furrow irrigation intervals for maize *(Zea mays L.)*. Water and Development. 4(4): 54-60. (in Farsi)**

**Kheirabi, J., Tavakkoli, A., Entesari, M. and Salamat, A. 1996. Deficit irrigation manual. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran. Iran. (in Farsi)**

**Kheirabi, J., Tavakkoli, A., Entesari, M. and Salamat, A. 1997. Theoretical and practical aspects of Penman-Monteith method. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran. Iran. (in Farsi)**

**Khorramian, M. 2002. Effect of deficit irrigation by alternate furrow irrigation method on the corn yield in the north Khuzestan. J. Agric. Eng. Res. 3(11): 91-100. (in Farsi)**

**Kouchaki, E. and Nasiri Mahalati, M. 1992. Soil and Water Relationship. Jihad-e-University of Mashhad. Mashhad. Iran. (in Farsi)**

**Roberts, S. and Middleton, J. E. 1972. Environmental consideration in nitrogen irrigation managment for potato production on sandy soil. Proceeding of Annv. Pac. North-West Forth Conf. 23, 53-62.**

**Sepaskhah, A. R. 1996. Deficit irrigation by every-other furrow irrigation. Proceeding of the 8$^{th}$ Seminar of Irrigation and Drainage. Tehran. Iran. (in Farsi)**

**Sepaskhah, A. R. and Khajehabdollahi, M. H. 2005. Alternate furrow irrigation intervals for maize *(Zea mays L.)*. Plant Production Sci. 8(5): 592-600.**

**Thinmegowda, S. and Devakumar, N. 1993. Analysis of moisture stress on growth and tuber yield of potato (*Solanum tuberousum L.*). Indian. Agric. 37(3):145-150.**

**Van Loon, C. D. 1981. The effect of water stress on potato growth development and yield. Am. Potato J. 58, 51-69.**

**Vander Zagg, D. E. 1982. Water Supply to Potato Crops. The Netherlands Potato Consultative Institute. NIVAA Holland.**

**Yonts, C. D., Eisenhauer, D. E. and Varner, D. L. 2007. Managing furrow irrigation systems. University of Nebraska-Lincoln Extension Pub. Available on the: http://www.ianrpubs.unl.edu/ epublic/live/Gl1338/build/g1338.pdf.**

*Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.8 /No.4 /Winter 2008/P: 19-32*

# The Effect of Deficit Irrigation by Alternate Furrow Irrigation on Growth Stages of the Potato

**N. Naderi* and A. R. Mohammadi**

* Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 36155-313, Shahrood, Iran. E-mail: naderi7367@yahoo.com

This research was conducted at the Shahrood Agricultural Research Center in 1382 and 1383 to study the effect of alternate furrow irrigation on potato yield and its economic evaluation. The experimental design was a randomize complete block design and the treatments were: every furrow irrigation (EFI), fixed alternate furrow irrigation (FAFI), variable alternate furrow irrigation (VAFI), fixed alternate furrow irrigation to onset of tuber setting (FAFIB), fixed alternate furrow irrigation to end of tuber setting (FAFIE), variable alternate furrow irrigation to onset tuber setting (VAFIB), variable alternate furrow irrigation to end of tuber setting (VAFIE). The water requirement was calculated based on the Penman-Montith method at each irrigation time and the water was supplied to each treatment using a volumetric meter and polyethylene. Results showed for FAFI and VAFI, plant height, tuber number for each plant, average weight of tubers and yield were considerably reduced. There was no difference between EFI and the other treatments (FAFIB, FAFIE, VAFIB, VAFIE). Water usage can be reduced at the first growth stages and the end of the tuber forming stage with suitable irrigation management without yield reduction. For the economic analysis, the partial budgeting method and marginal benefit-cost ratio were applied. Economic analysis showed that the benefit-cost ratio was 3.03 for VAFIE and water usage was reduced from 8632 $m^3$/ha (EFI) to 7250 $m^3$/ha (VAFIE), saving 1384.7 $m^3$/ha water. As a result, it is recommended to irrigate a crop based on the VAFIE treatment. In this way, without significant yield reduction, water usage and labor cost are reduced.

**Key Words:** Alternate Furrow Irrigation, Deficit Irrigation, Potato, Water Use Efficiency