مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۸/ شماره ۴/ زمستان ۱۳۸۶/ص ۹۴-۸۱

اثر آرایش کاشت و مقادیر آب در آبیاری قطره‌ای بر عملکرد سیب‌زمینی

جواد باغانی، سیدحسین صدرقاین و امین کانونی*

* به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، نشانی: مشهد، مجتمع کشاورزی طرق، ص. پ. ۴۸۸-۹۱۲۷۵، تلفن: ۲۸۲۲۳۷۳ (۰۵۱۱)، پیام نگار: baghanio@yahoo.com؛ عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ و عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (مغان)

تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۵/۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثر سه سطح آب آبیاری در سه آرایش کاشت در آبیاری قطره‌ای بر عملکرد سیب‌زمینی، آزمایشی به صورت اسپلیت‌پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه منطقه مشهد، اردبیل، و دماوند با شرایط آب و هوایی متفاوت طی دو سال متوالی (۱۳۸۲ و ۱۳۸۳) اجرا شد. طرح دارای ۹ تیمار شامل سه آرایش کاشت (تیمار B_1: یک ردیف کاشت روی هر پشته با فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها با یک نوار قطره‌ای، تیمار B_2: دو ردیف کاشت روی هر پشتهٔ با فاصلهٔ ۳۵ سانتی‌متر و یک نوار آبیاری بین آنها (فاصلهٔ لوله‌ها یا شیارها ۱۲۵ سانتی‌متر)، و تیمار B_3: دو ردیف کاشت روی هر پشته با فاصلهٔ ۴۵ سانتی‌متر و یک نوار آبیاری بین آنها (فاصلهٔ لوله‌ها یا شیارها ۱۵۰ سانتی‌متر) و سه سطح ۶۰، ۸۰، و ۱۰۰ درصد تأمین آب مورد نیاز گیاه بود. نتایج بررسی‌ها جداگانه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. از نظر آرایش کاشت در هر سه منطقه، تیمار آرایش کاشت B_2، بیشترین عملکرد کل و عملکرد قابل ارائه به بازار و غده‌های ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متری را دارا بود. همچنین کارایی مصرف آب آبیاری در آرایش کاشت B_2 برتر از دو آرایش کاشت دیگر بود. کاهش سطح تأمین آب آبیاری در زراعت سیب‌زمینی، باعث کاهش عملکرد غده و محصول قابل ارائه به بازار شد. تولید غده‌های ۳۵ تا ۵۵ و بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متری در آبیاری با تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در دو منطقهٔ اردبیل و مشهد، نسبت به آبیاری‌های دیگر برتری معنی‌داری داشت. نتایج مشابهی برای کارایی مصرف آب آبیاری به دست آمد و نشان داد که آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه سیب‌زمینی به روش آبیاری قطره‌ای، مناسب و قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی

آبیاری قطره‌ای، آرایش کاشت، سیب‌زمینی، عملکرد، کارایی مصرف آب آبیاری

مقدمه

سیب‌زمینی بعد از گندم، برنج، و ذرت بیشترین سهم را در میزان تولید محصولات غذایی داراست و نقش مهمی در تغذیه و سبد غذایی جمعیت جهان دارد (Feberio *et al.*, 2001). در کشورهای در حال توسعه، اهمیت غذایی سیب‌زمینی به مراتب بیشتر است و در ایران بعد از گندم رتبهٔ دوم را به خود اختصاص داده است. آب مهم‌ترین عامل برای تولید پایدار سیب‌زمینی است.

تنش آبی در تعدادی از گیاهان، به خصوص در برخی از مراحل رشد، می‌تواند مفید باشد که دلیل عمده تحمل به

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تنش در این گیاهان، عمیق‌بودن توسعهٔ ریشه است (Eldredge *et al*., 1992; Lynch *et al*., 1995; Shock *et al*., 1998). نتایج تحقیقات حاکی است که کم‌آبیاری در مراحل غیر حساس گیاهان سبب افزایش کارایی مصرف آب، کاهش نفوذ عمقی، و کاهش آبشویی نیترات می‌شود. ضمن اینکه تاثیر قابل توجهی در کاهش عملکرد محصول ندارد (Roberts *et al*., 1982 ; Saffiga *et al*., 1977). مطالعات فبریو و همکاران (Feberio *et al*., 2001) و اوپنا و پورتر(Opena & Porter, 1999) نشان می‌دهد که گیاه سیب‌زمینی به دلیل حساسیت سیستم ریشه‌ای، نسبت به تنش آبی حساس است. تنش آبی در مراحل اولیهٔ رشد سیب‌زمینی و قبل از تشکیل غده نیز تاثیر کمی در کاهش عملکرد دارد و می‌تواند سبب افزایش کارایی مصرف آب شود. واندر زاگ (Vander Zagg, 1982) می‌گوید در مرحلهٔ کاشت تا سبزشدن سیب‌زمینی، خاک اطراف بذر باید مرطوب باشد، ولی نباید غرقاب شود. در مرحلهٔ سبزشدن تا تشکیل غده‌ها در مقایسه با مراحل بعدی رشد، باید مقدار آب زیادتر با دور طولانی‌تر در نظر گرفته شود. از مرحلهٔ تشکیل غده به بعد نیز باید رطوبت مناسب و کافی در اطراف غده‌های دختری تأمین شود. تحقیق یوان و همکاران (Yuan *et al*., 2003) نشان می‌دهد که با افزایش میزان آب مصرفی، ارتفاع گیاه، میزان بیوماس، و محصول بازارپسند (غده ۸۰ گرم و بیشتر) افزایش ولی وزن خشک محصول و کیفیت غده‌ها کاهش می‌یابد و کاهش آب مصرفی بیشتر از ۷۵ درصد تبخیر از تشتک، عملکرد را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. در پژوهش دو ساله ودل و همکاران (Waddell *et al*., 1999) گفته شده که مقدار محصول سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای و بارانی به ترتیب حدود ۳۶ و ۲۵ تن در هکتار است در حالی که میزان آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای نصف روش بارانی بوده است. درویش و همکاران (Darwish *et al*., 2002) تاثیر دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای را بر عملکرد سیب‌زمینی در لبنان بررسی کردند؛ نتایج بررسی‌های آنان نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در عملکرد وجود ندارد. در حالی که مقدار آب مصرفی در روش‌های بارانی و قطره‌ای به ترتیب برابر با ۸۵۹۰ و ۴۹۶۰ مترمکعب در هکتار بوده است. سینگ و سود (Singh & Sood, 1996) در بررسی اثر آرایش کاشت و میزان نیتروژن در زراعت سیب‌زمینی با استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ نشان داده شده است که عملکرد غده‌ها در تیمارهای کشت بدون پشته با فاصله ۳۰ سانتی‌متر، بدون پشته با فاصله ۶۰ سانتی‌متر، و تک ردیفه روی پشته (در مقایسه با کشت دو ردیفه روی پشته) به ترتیب ۴۷/۵، ۲۲، و ۲۶/۸ درصد افزایش دارد. ژیوکف و کاچوا (Zhivkov & Kaltcheva, 1997)، در مطالعه‌ای روی آبیاری سیب‌زمینی در شرایط کم‌آبی دریافتند که کاهش مقدار آب مصرفی به میزان ۲۰، ۴۰، و ۶۰ درصد نسبت به آبیاری کافی، باعث کاهش عملکرد به ترتیب به میزان ۱۳/۲، ۱۸/۴، و ۲۲/۵ درصد می‌شود.

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری و آرایش‌های مختلف کاشت سیب‌زمینی بر عملکرد، طی دو سال متوالی (۱۳۸۲ و ۱۳۸۳) آزمایش‌هایی در سه منطقه مشهد، دماوند، و اردبیل اجرا شد. در هر سه منطقه، کیفیت آب آبیاری مطلوب بود و برای استفاده در آبیاری قطره‌ای و همچنین زراعت سیب‌زمینی هیچ‌گونه محدودیتی ایجاد نمی‌کرد.

مواد و روش‌ها

طرح حاضر شامل ۹ تیمار (سه آرایش کاشت در سه سطح تامین آب آبیاری I_1، I_2، و I_3 به ترتیب معادل ۱۰۰،

۸۰، و ۶۰ درصد آب مورد نیاز (سند ملی آب کشور) در ۴ تکرار در سه منطقه مشهد، اردبیل و دماوند (ایستگاه‌های تحقیقاتی) طی دو سال به اجرا درآمد. طول ردیف‌های کاشت ۱۲ متر و کل سطح آزمایشی حدود ۳۰۰۰ متر مربع بود. تیمارهای آرایش کاشت عبارت بودند از:

تیمار B_1: یک ردیف کاشت روی هر پشته با فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و تعداد ۵۳۲۰۰ بوته در هکتار با یک نوار آبیاری قطره‌ای (تیپ).

تیمار B_2: دو ردیف کاشت با فاصلهٔ ۳۵ سانتی‌متر (روی هر پشته) و یک نوار لولهٔ آبیاری (تیپ) بین آنها، لوله‌ها یا شیارها به فاصلهٔ ۱۲۵ سانتی‌متر و ۶۴۰۰۰ بوته در هکتار.

تیمار B_3: دو ردیف کاشت با فاصلهٔ ۴۵ سانتی‌متر (روی هر پشته) و یک نوار لولهٔ آبیاری (تیپ) بین آنها، لوله‌ها یا شیارها به فاصلهٔ ۱۵۰ سانتی‌متر و ۵۳۳۰۰ بوته در هکتار.

نوع طرح آزمایشی اسپلیت‌پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی بود. برداشت آزمایشی از سطوح یکسان از کرت‌ها (۲۶/۲۵ متر مربع) انجام شد. تعداد بوتهٔ برداشت‌شده از سطح برداشت تیمارهای B_1، B_2، و B_3 به ترتیب ۱۴۰، ۱۶۸، و ۱۴۰ و طول خط برداشت از تیمارهای مذکور به ترتیب ۸/۷۵، ۱۰/۵، و ۸/۷۵ متر بود.

آبیاری با دور ۳ روز با سیستم آبیاری قطره‌ای و با استفاده از نوارهای تیپ انجام گردید. نوارهای آبیاری قطره‌ای، دارای قطره‌چکان‌هایی به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر با آبدهی حدود ۴ لیتر در ساعت در واحد طول (متر) بود. آب با کنتور اندازه‌گیری شد. آب مورد استفاده برای آبیاری در هر سه منطقه به لحاظ طبقه‌بندی آبها برای کشاورزی، از کیفیت مطلوب برخوردار بود و هیچ محدودیتی برای رشد گیاه به وجود نمی‌آورد. بر اساس توصیهٔ مؤسسه خاک و آب، ۵۰ درصد کود نیتروژن‌دار مورد نیاز قبل از کاشت همراه با تمام کودهای دارای پتاسیم و فسفر به خاک داده شد. باقیماندهٔ کود نیتروژن‌دار همراه با آب آبیاری در تمام طول دورهٔ رشد به آب آبیاری اضافه شد. در خاتمهٔ دو سال تحقیق، نتایج با استفاده از نرم‌افزار MSTATC تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج و بحث

نتایج مناطق به صورت جداگانه و بر مبنای طرح کامل تصادفی در قالب مدل فاکتوریل شامل سه عامل: دو سال، سه سطح آب آبیاری در سه آرایش کاشت با چهار تکرار در سه منطقه بود. ابتدا آزمون بارتلت انجام شد که به دلیل معنی‌دارشدن آن، نتایج مناطق به صورت جداگانه مورد تجزیهٔ واریانس مرکب (دو ساله) قرار گرفت. خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب طرح (MS) مناطق در جداول ۱، ۲، و ۳ درج‌شده است.

جدول ۱- خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب طرح (MS)- آزمایش مشهد

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد (تن در هکتار)					کارایی مصرف آب (WUE)
		کل	قابل ارائه به بازار	بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر	۳۵-۵۵ میلی‌متر	۲۵-۳۵ میلی‌متر	
سال (Y)	۱	۸۵۷۷۱۱۵۵۶/۰۵۶**	۸۶۰۵۸۵۵۸۴/۵۰**	۴۶۷۰۶۳۷۶۶/۱۲۵**	۱۲۱۸۲۵۶۴۳/۵۶**	۱۰۱۳۰۲۵۰/۶۸**	۱۷/۵۰۱**
تکرار R (Y)	۶	۱۱۳۹۵۱۸۵/۸۷۰ns	۱۵۸۸۳۴۲۵/۲۴۱ ns	۷۳۵۳۲۸۸/۳۲۹ ns	۹۷۷۴۸۵۶/۴۸	۵۷۹۷۳۹/۰۵۱*	۰/۴۶۴ns
میزان آبیاری (A)	۲	۷۸۴۶۰۹۱۷/۲۶۴**	۸۵۹۴۹۶۴۸۵/۵۹۷**	۲۱۶۸۵۴۰۷۹/۱۲۵**	۲۲۵۸۳۲۱۹۴/۷۶**	۳۵۶۵۷۴۵/۰۱۴**	۰/۹۸۰ns
اثر متقابل (A×Y)	۲	۱۳۷۸۳۴۷۰/۲۶۴ns	۱۳۸۴۶۹۸۰/۰۴۲ ns	۲۵۴۹۳۱۹۵/۷۹۲*	۲۵۶۸۵۸۸۶/۴۳*	۵۱۹۳۵۳/۴۳۱*	۰/۲۴۰ns
خطا (E_a)	۱۲	۷۷۹۴۶۱۲/۱۳۴	۸۰۵۶۹۱۹/۶۱۶	۴۵۳۸۰۶۱/۸۲۹	۵۷۳۷۵۲۸/۴۱	۱۲۶۶۲۳/۷۰۴	۰/۳۱۳
آرایش کاشت (B)	۲	۵۵۸۸۳۹۷۸/۷۶۴**	۴۹۳۳۱۶۵۵/۷۲۲*	۷۷۸۱۷۳۱/۱۲۵ ns	۵۰۸۰۷۲۷۷/۶۸**	۱۱۷۷۱۲/۳۴۷ns	۰/۷۲۱ns
اثر متقابل (B×Y)	۲	۸۳۷۷۷۷۸/۷۶۴ns	۵۹۸۸۱۰۰/۱۶۷ ns	۹۷۷۸۶۷۵/۲۹۲ ns	۱۲۵۱۳۴۴/۳۵ns	۲۸۷۵۳۹/۰۱۴ns	۰/۳۰۱ns
اثر متقابل (A×B)	۴	۱۲۳۳۱۱۴۸/۴۱۰ns	۱۰۶۰۰۴۲۲/۲۸۵ ns	۷۶۲۸۰۶۱/۸۷۵ ns	۲۲۲۲۸۳۱/۸۵۰ns	۳۷۲۴۶/۱۳۹ns	۰/۴۴۵ ns
اثر متقابل (A×B×Y)	۴	۲۱۱۹۴۳۷۳/۴۱۰ns	۲۰۱۸۰۳۹۵/۸۹۶ ns	۱۰۹۱۳۵۳/۹۵۸ ns	۱۳۱۴۲۵۶۹/۳۵۰ns	۱۵۱۵۷/۳۸۹ns	۰/۷۴۸ns
خطا (E_b)	۳۶	۱۲۶۶۷۶۱۷/۴۳۵	۱۲۲۴۹۵۷۲/۲۸۲	۴۱۵۴۴۳۶/۹۹۵	۵۸۰۹۵۱۶/۹۷۷	۱۱۲۴۳۴/۶۸۱	۰/۵۵۷
جمع کل (T)	۷۱						
C.V		۱۹/۱	۲۰	۴۴/۸	۱۹/۲	۲۳/۱	۲۲/۴

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار، Y سال، A میزان آبیاری، B آرایش کاشت

جدول۲- خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب طرح (MS) - منطقه اردبیل

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد (تن در هکتار)					
		کل	قابل ارائه به بازار	بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر	۵۵-۳۵ میلی‌متر	۳۵-۲۵ میلی‌متر	کارایی مصرف آب (WUE)
سال (Y)	۱	۳۰۸۱۵۱۷۵/۱۲۵ns	۴۴۲۷۴۰۵۰/۰۰ ns	۱۳۷۰۶۹۷۵/۳۴۷ns	۳۱۰۴۵۸۸۶/۶۸۱*	۸۸۹۱۵۴۴/۵۰۰ns	۳۰۵/۷۱**
تکرارR (Y)	۶	۶۳۰۸۸۵۸۹/۴۲۱ns	۵۷۶۶۶۹۲۵/۰۰ ns	۳۷۴۴۰۷۵۵۳/۹۷۷ns	۱۵۶۴۰۸۲۵/۴۴ns	۴۴۳۵۶۵۵/۴۷۲ns	۵/۷۶۶ns
میزان آبیاری (A)	۲	۲۴۰۰۲۶۶۳۲۲/۱۲۵**	۲۲۵۷۶۳۷۵۰۱/۳۸۹**	۳۷۱۰۶۱۳۸۴/۶۸۱**	۵۷۷۷۳۱۷۹۷/۵۴۲**	۳۴۳۵۳۰۶۰/۸۴۷**	۳۹/۰۰۶**
اثر متقابل (A×Y)	۲	۲۰۲۴۷۲/۰۴۲ns	۹۸۳۷۷۹/۱۶۷ns	۷۲۰۸۲۵۰/۰۹۷ns	۴۸۹۸۷۷/۷۶۴ns	۱۳۶۳۴۷۵/۰۴۲ns	۲/۷۱۵ns
خطا (E_a)	۱۲	۳۷۴۹۰۸۸۵/۲۱۳	۳۳۰۰۵۳۵۶/۹۴۴	۱۹۴۰۰۸۴۷/۰۷۴	۶۴۴۹۲۰۴/۰۷۹	۱۹۷۵۵۷۷/۶۱۱	۳/۰۲۲
آرایش کاشت (B)	۲	۴۳۶۱۴۲۶۷۹/۸۷۵**	۴۲۲۹۴۲۴۰۵/۵۵۶**	۲۶۵۵۷۱۹۰۱/۰۹۷**	۶۳۳۲۱۳۴۶۶/۷۹۲**	۳۲۴۶۳۹۰۶/۰۱۴**	۳۴/۷۹۷**
اثر متقابل (B×Y)	۲	۲۶۰۰۱/۲۹۲ns	۶۴۰۶۶/۶۶۷ns	۴۴۷۷۸۳۰/۵۱۴ns	۲۷۲۰۷۲۹/۰۱۴ns	۱۰۹۰۶۹۷/۷۹۲ns	۳/۶۰۱ns
اثر متقابل (A×B)	۴	۱۷۳۴۲۲۰۵۲/۳۷۵*	۱۵۸۸۳۰۵۷۶/۳۸۹*	۵۸۸۸۵۵۳۷/۱۸۱ns	۲۱۰۵۷۰۷۳/۵۸۳ns	۲۱۶۰۰۷۸/۷۲۲ns	۱۰/۶۱۸ns
اثر متقابل (A×B×Y)	۴	۲۰۷۳۴۸/۵۸۳ns	۳۲۰۰۳۰/۸۳۳ns	۶۵۷۴۳۲/۸۸۹ns	۷۲۸۶۷۹/۲۲۲ns	۳۷۷۴۰۱/۵۸۳ns	۱۵۴ns
خطا (E_b)	۳۶	۵۵۸۸۱۰۸۵/۴۲۱	۵۵۵۵۳۸۵/۱۸۵	۲۷۲۲۵۰۰۱/۴۵۸	۱۳۳۷۶۹۱۶/۳۶۶	۸۴۱۴۲/۵۵۱	۳/۶۸۳
جمع کل (T)	۷۱						
C.V		۲۱/۳	۲۲/۳	۲۷/۱	۳۰/۵	۲۵/۶	۲۲/۰۱

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار، Y سال، A میزان آبیاری، B آرایش کاشت

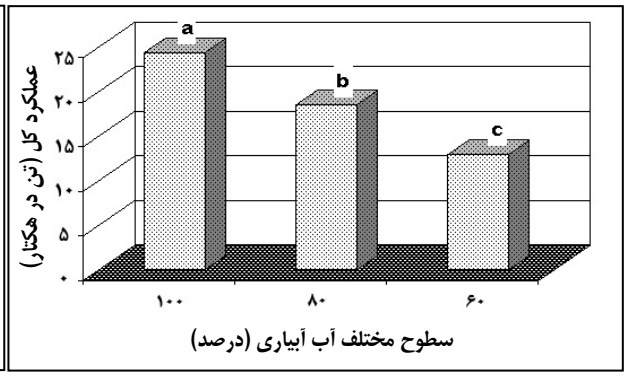
جدول۳- خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب طرح (MS)- منطقه دماوند

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد (تن در هکتار)					کارایی مصرف آب (WUE)
		کل	قابل ارائه به بازار	بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر	۳۵-۵۵ میلی‌متر	۲۵-۳۵ میلی‌متر	
سال (Y)	۱	۱۵۵۴۹۶۶۱۲/۵ns	۱۰۲۸۶۵۶۰۵/۵۵۶ns	۵۰۹۸۶۸۸/۸۹ns	۱۳۸۱۶۲۷۲/۲۲۲ns	۱۴۸۹۶۷۰۱/۳۸۹*	۵۵/۳۰۰**
تکرار R (Y)	۶	۴۴۹۱۶۰۱۵۱/۳۸۹**	۲۲۸۳۱۳۵۶۹/۴۴**	۲۳۰۳۴۳۸۴۳/۵۲**	۴۶۳۷۳۹۸۳/۳۳*	۱۵۰۳۵۴۵۵/۰۹۳**	۳۵/۶۱۱*
میزان آبیاری (A)	۲	۴۱۶۷۱۲۷۱۶/۶۶۷**	۲۱۱۷۶۶۲۵۱/۳۸۹*	۳۴۵۶۰۰۷۶۲/۵**	۹۶۳۰۲۰۴/۱۶۷ns	۵۶۹۶۹۳۴/۷۲۲ns	۲۳/۵۴۶ns
اثر متقابل (A×Y)	۲	۸۴۶۹۶۰۱۶/۶۶۷ns	۳۱۷۳۰۷۳۴/۷۲۲ns	۸۶۳۶۵۴۵۹/۷۲۲ns	۵۰۱۹۶۷۶/۳۸۹ns	۱۰۱۶۹۹۱۸/۰۵۶*	۴/۲۱۲ns
خطا (E_a)	۱۲	۴۷۴۶۱۴۷۲/۲۲۲	۴۴۰۴۹۰۵۴/۱۶۷	۳۵۹۹۸۴۵۱/۸۵	۱۱۹۱۶۱۹۰/۲۷۸	۱۶۷۳۳۲۴/۵۳۷	۱۱/۱۰۳
آرایش کاشت (B)	۲	۱۳۱۳۳۲۵۵۴/۱۶۷ns	۱۸۲۹۳۸۹۱۸/۰۵۸ns	۳۳۵۱۸۶۵۴/۱۶۷ns	۱۱۵۶۳۰۰۴/۱۶۷ns	۶۵۳۳۵۵۱/۳۸۹*	۸۵/۷۰۰**
اثر متقابل (B×Y)	۲	۱۶۸۱۷۳۷/۵ns	۱۰۰۹۸۵۵۹/۷۲۲ns	۲۶۲۱۵۱۵/۳۸۹ns	۳۴۳۳۹۸۴/۷۲۲ns	۸۷۴۹۰۰۹/۷۲۲*	۱۲/۷۶۴ns
اثر متقابل (A×B)	۴	۷۲۸۶۶۵۰۸/۳۳ns	۸۲۰۴۴۷۹۳/۰۵۶ns	۶۰۲۵۷۷۲۹/۱۶۷ns	۱۸۱۷۷۵۲/۸۳۳*	۷۶۸۷۵۷/۶۳۹ns	۴/۳۹۱ns
اثر متقابل (A×B×Y)	۴	۸۵۳۹۳۶۴۱/۶۶۷ns	۹۲۸۴۹۹۸۸/۸۸۹ns	۳۱۳۵۷۲۵۹/۷۲ns	۹۹۴۰۳۰۱/۳۸۹ns	۱۸۴۹۱۲/۱۳۹ns	۱۰/۱۲۰ns
خطا (E_b)	۳۶	۸۴۲۸۳۵۴۸/۶۱۱	۸۳۰۷۷۲۲۷/۳۱۵	۵۰۶۰۶۸۴۳/۵۱۹	۵۸۸۹۱۶۸/۵۱۹	۱۷۹۵۹۳۰/۵۵۶	۸/۸۱۳
جمع کل (T)	۷۱						
C.V		۲۳/۷	۲۶/۶	۳۱/۳	۲۷/۲	۳۳	۲۷/۰۰

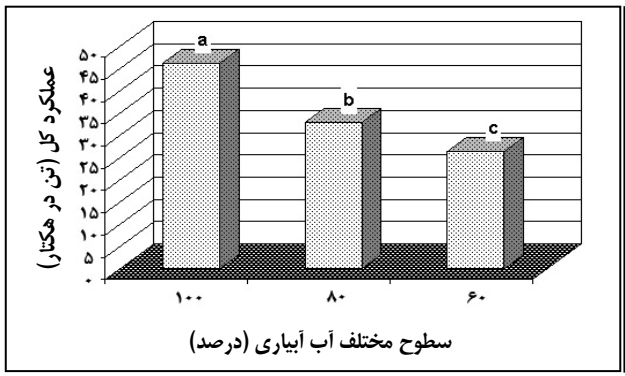
** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار، Y سال، A میزان آبیاری، B آرایش کاشت

اثر سطوح آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد کل محصول

اثر سطوح مختلف آبیاری: در مناطق مشهد و اردبیل با کاهش سطح تأمین آب آبیاری از مقدار حداکثر مورد نیاز، عملکرد کاهش پیدا کرد. در مشهد با کاهش ۲۰ و ۴۰ درصد در کل آب مورد نیاز، عملکرد کل محصول به ترتیب ۳۲ و ۸۸ درصد کاهش یافت. این کاهش عملکرد در منطقهٔ اردبیل به ترتیب ۲۸ و ۴۳ درصد بود (شکل‌های ۱ و ۲). در آزمایش یوان و همکاران (Yuan *et al*., 2003) نیز با کاهش آب مصرفی بیشتر از ۷۵ درصد تبخیر از تشتک، عملکرد به طور معنی‌داری کاهش یافت که موید نتایج مذکور است. اما در منطقهٔ دماوند به ترتیب ۷ درصد کاهش و ۱۴ درصد افزایش عملکرد نشان داد که با نتایج دو منطقهٔ دیگر همسو نیست.

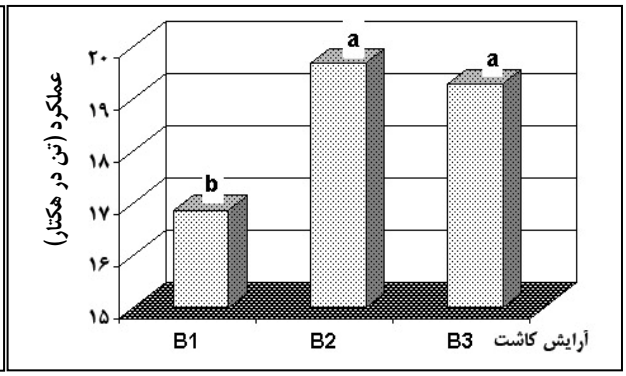


شکل ۱- اثر میزان آب آبیاری بر عملکرد کل غده در منطقهٔ مشهد

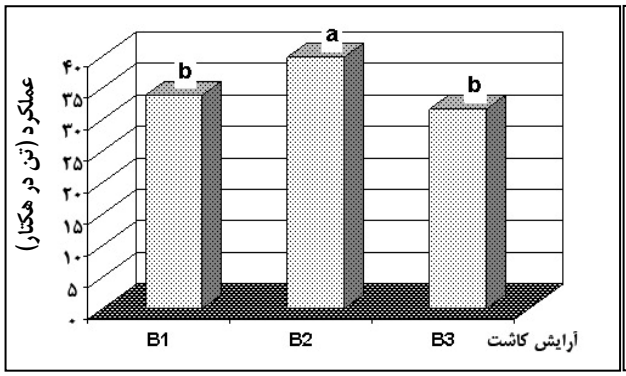


شکل ۲- اثر میزان آب آبیاری بر عملکرد کل غده در منطقهٔ اردبیل

اثر آرایش کاشت: در هر سه منطقه اجرای طرح اثر آرایش کاشت بر عملکرد، روند یکسانی داشت و تیمار آرایش کاشت B_2 نسبت به دو تیمار آرایش کاشت دیگر برتری نشان داد. در مشهد فقط تفاوت تیمار آرایش کاشت B_2 با B_1، با ۱۷ درصد افزایش عملکرد، معنی‌دار بود. در اردبیل افزایش عملکرد تیمار آرایش کاشت B_2 نسبت به دو تیمار دیگر آرایش کاشت معنی‌دار بود. در منطقهٔ دماوند نیز با وجود اینکه به طور متوسط عملکرد تیمار آرایش B_2 نسبت به B_1 و B_3 به ترتیب، ۱۳ و ۷ درصد افزایش داشت تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (شکل‌های ۳ و ۴). حادث‌شدن این امر ناشی از تعداد بوته در واحد سطح بوده است.



شکل ۳- اثر آرایش کاشت بر عملکرد کل غده در منطقهٔ مشهد



شکل۴- اثر آرایش کاشت بر عملکرد کل غده در منطقهٔ اردبیل

اثر سطوح آبیاری و آرایش کاشت بر محصول قابل ارائه به بازار

اثر آبیاری: در مناطق مشهد و اردبیل روند کاهش محصول قابل فروش با روند کاهش آب مصرفی یکسان و تا حدودی مشابه اثر آبیاری بر عملکرد کل بود. در منطقهٔ مشهد و اردبیل، محصول قابل ارائه به بازار تیمار آبیاری حداکثر (I_1) نسبت به تیمار آبیاری I_2 به‌ترتیب، ۳۴ و ۴۱ درصد افزایش نشان داد. ولی در منطقهٔ دماوند ۱۶ درصد نیز کاهش عملکرد قابل ارائه به بازار مشاهده شد که این نتیجه ممکن است ناشی از کفایت آبیاری آن منطقه باشد.

اثر آرایش کاشت: در هر سه منطقهٔ مورد مطالعه، بیشترین میزان غده قابل ارائه به بازار از تیمار آرایش کاشت B_2 به دست آمد. در منطقهٔ مشهد و اردبیل، تیمار مذکور نسبت به تیمار آرایش کاشت B_1 افزایش معنی‌دار داشت. اما این افزایش نسبت به تیمار B_3 برای اردبیل معنی‌دار بود ولی برای مشهد معنی‌دار نبود. در دماوند نیز تفاوتی در میزان غده قابل ارائه به بازار تیمار B_2 نسبت به دو تیمار دیگر مشاهده نشد. به‌طورکلی می‌توان گفت که عملکرد غده‌های قابل ارائه به بازار در تیمار آرایش B_2 بیشتر از دو تیمار دیگر بود.

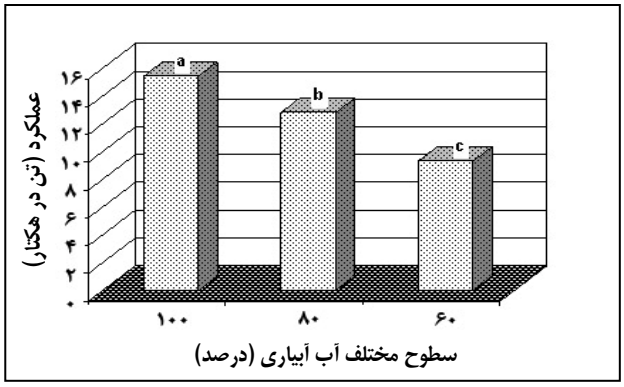
اثر سطوح آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد غده‌های درشت (بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر)

اثر آبیاری: میزان تولید غده‌های درشت حاصل از تیمار آبیاری I_2 در مقایسه با تیمار آبیاری حداکثر (I_1) مناطق مشهد و اردبیل به‌ترتیب ۴۷ و ۲۱ درصد کاهش نشان داد. ولی در منطقهٔ دماوند در سال اول بیشترین میزان تولید از تیمار آبیاری ۸۰ درصد (I_2) به‌دست آمد به‌طوری‌که تیمار آبیاری I_1 باعث کاهش ۱۲/۵ درصدی در مقدار تولید شد ولی نتیجهٔ سال دوم مشابه دو منطقهٔ دیگر بود.

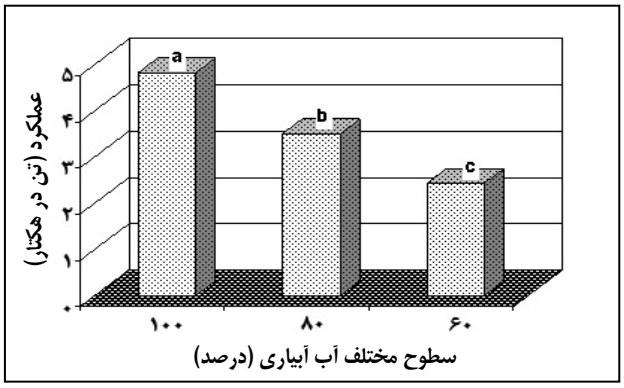
اثر آرایش کاشت: در هر سه منطقه، عملکرد غده‌های درشت تولیدی تیمار آرایش کاشت B_3 نسبت به تیمار B_2 افزایش جزئی نشان داد ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر، بیشترین عملکرد غده‌های قابل ارائه به بازار از تیمار آرایش کاشت B_2 حاصل شد، ولی تیمار آرایش کاشت B_3 بیشترین غده‌های درشت را به خود اختصاص داد.

اثر سطوح آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد غده‌های ۵۵-۳۵ میلی‌متری

اثر آبیاری: در مناطق مشهد و اردبیل تولید غده‌های بذری (۵۵-۳۵ میلی‌متری) تیمار آبیاری I_1 نسبت به تیمارهای I_2 و I_3 افزایش معنی‌داری داشت (شکل‌های ۵ و ۶)، به‌طوری که میانگین افزایش عملکرد تیمار I_1، نسبت به تیمارهای I_2 و I_3، در مشهد به‌ترتیب ۲۰/۴ و ۳۷/۶ درصد و در منطقه اردبیل به‌ترتیب ۳۷/۷ و ۹۸/۱ درصد بود. اما در منطقهٔ دماوند تفاوت معنی‌داری در عملکرد غده‌های بذری مشاهده نشد.



شکل ۵- اثر میزان آب آبیاری بر عملکرد غده‌های ۵۵-۳۵ میلی‌متری در منطقهٔ مشهد



شکل ۶- اثر میزان آب آبیاری بر عملکرد غده‌های ۵۵-۳۵ میلی‌متری در منطقهٔ اردبیل

اثر آرایش کاشت: در مناطق مشهد و اردبیل بیشترین میزان تولید غده‌های بذری از تیمار آرایش کاشت B_2 حاصل شد که نسبت به تیمار آرایش کاشت B_3، در منطقه اردبیل معنی‌دار بود و در منطقهٔ مشهد معنی‌دار نبود. تولید غده‌های بذری حاصل از تیمار آرایش کاشت B_2، نسبت به B_3 و B_1، به ترتیب ۹ و ۲۶ درصد افزایش نشان داد که در منطقهٔ دماوند تفاوت معنی‌داری بین عملکرد غده‌های بذری در آرایش کاشت‌های مختلف مشاهده نشد.

اثر سطوح آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد غده‌های ۳۵-۲۵ میلی‌متری

اثر آبیاری: در مناطق مشهد و دماوند با کاهش میزان آب آبیاری، تولید غده‌های درشت کاهش و تولید غده‌های ریز افزایش داشت ولی در منطقهٔ اردبیل عکس آن اتفاق افتاد.

اثر آرایش کاشت: در منطقهٔ مشهد از نظر میزان تولید غده‌های بذری، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آرایش کاشت مشاهده نشد ولی در مناطق دماوند

و اردبیل، افزایش معنی‌داری در تیمار آرایش کاشت B_2 نسبت به دو تیمار دیگر آرایش کاشت وجود نداشت.

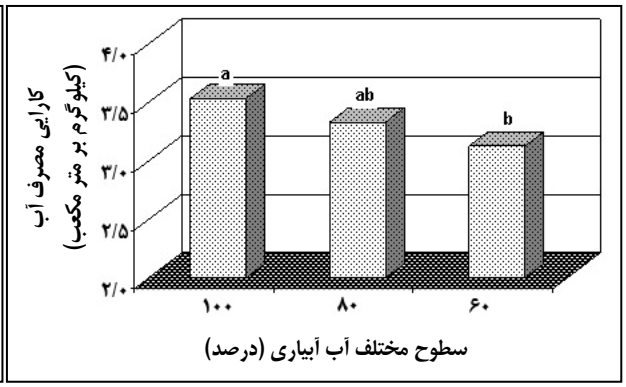
اثر سطوح آبیاری و آرایش کاشت بر کارایی مصرف آب آبیاری (WUE)

اثر آبیاری: در منطقهٔ دماوند تفاوت معنی‌داری بین کارایی مصرف آب آبیاری (WUE) تیمارهای مختلف آبیاری مشاهده نشد اما تیمار ۸۰ درصد آبیاری بیشترین کارایی مصرف آب آبیاری را به خود اختصاص داد.

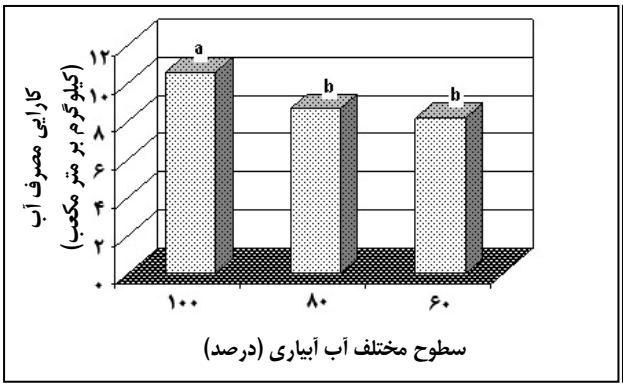
در منطقهٔ مشهد نیز با کاهش مقدار آب آبیاری، (WUE) کاهش یافت و اثر تیمارهای I_1 و I_2 با تیمار I_3 تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۷).

در منطقهٔ اردبیل با کاهش مقدار آبیاری، (WUE) کاهش یافت و تیمار حداکثر آبیاری (I1) با دو تیمار دیگر (I2 و I3) تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۸).

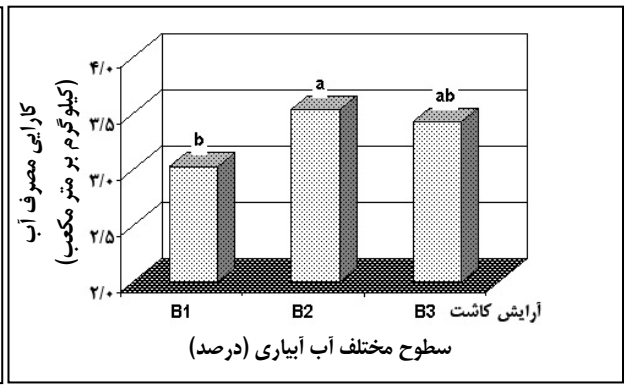
اثر آرایش کاشت: در هر سه منطقه آزمایشی، تیمار آرایش کاشت B_2 با داشتن بالاترین کارایی مصرف آب آبیاری، در مقایسه با تیمار آرایش کاشت B_1، تفاوت معنی‌دار داشت. ضمن اینکه فقط در مناطق دماوند و اردبیل تفاوت تیمار مذکور با تیمار B_3 معنی‌دار بود (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱).



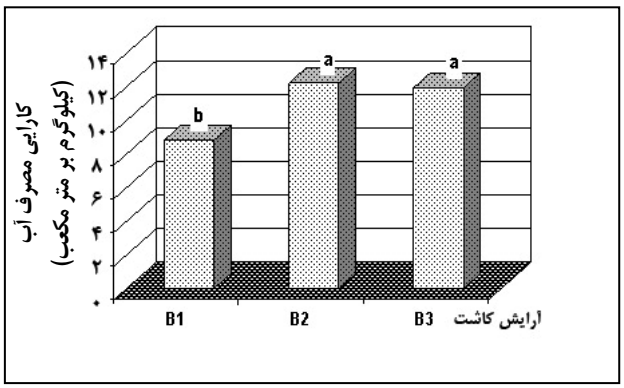
شکل ۷ - اثر میزان آب آبیاری بر کارایی مصرف آب آبیاری (منطقهٔ مشهد)



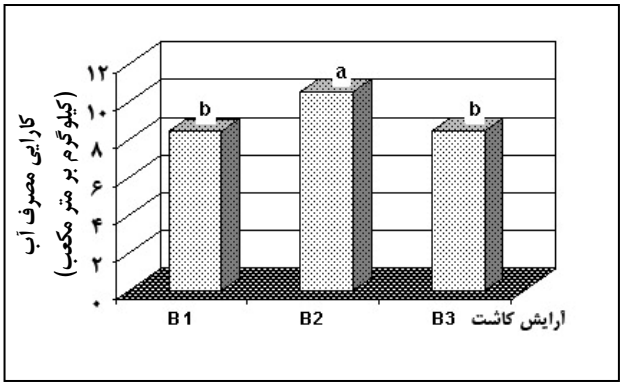
شکل ۸- اثر میزان آب آبیاری بر کارایی مصرف آب (منطقهٔ اردبیل)



شکل ۹- اثر آرایش کاشت برکارایی مصرف آب آبیاری (مشهد)



شکل ۱۰- اثر آرایش کاشت برکارایی مصرف آب آبیاری (دماوند)



شکل ۱۱- اثر آرایش کاشت برکارایی مصرف آب آبیاری (اردبیل)

نتیجه‌گیری

از نظر آرایش کاشت در هر سه منطقه (مشهد، دماوند، و اردبیل) بیشترین عملکرد کل و عملکرد قابل ارائه به بازار از تیمار آرایش کاشت B_2 به‌دست آمد که تفاوت‌ها در اردبیل معنی‌دار بود ولی در مشهد و دماوند معنی‌دار نبود. در هر سه منطقه، تیمار آرایش کاشت B_2 بیشترین میزان غدهٔ بذری را به دست داد که تفاوت آن در منطقهٔ مشهد و اردبیل نسبت به دو آرایش کاشت دیگر معنی‌دار ولی در منطقهٔ دماوند تفاوت مذکور غیر معنی‌دار بود.

در بین آرایش‌های کاشت مورد بررسی، تیمار B_2 بیشترین کارایی مصرف آب آبیاری را داشت گرچه در مشهد در حد معنی‌داری نبود ولی در دو منطقهٔ دیگر معنی‌دار بود.

بر اساس نتایج آزمایش‌های مشهد و اردبیل، در مجموع هرگونه کم‌آبیاری در زراعت سیب‌زمینی باعث کاهش تولید کل غده و همچنین کاهش محصول قابل ارائه به بازار می‌شود. این نتیجه‌گیری با نتایج تحقیقات ژیوکف و کالتچوا (Zhivkov & Kaltcheva, 1997)، همخوانی دارد.

از نظر تولید غدهٔ بذری و همچنین غده‌های درشت‌تر از ۵۵ میلی‌متر در هر دو منطقهٔ اردبیل و مشهد، آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه نسبت به آبیاری‌های کمتر برتری معنی‌داری داشت. ضمن اینکه از نظر کارایی مصرف آب آبیاری نیز همین نتیجه به‌دست آمد. مصرف آب آبیاری به میزان حداکثر مقدار مورد نیاز گیاه سیب‌زمینی در آبیاری قطره‌ای با نوارهای تیپ[1]، مناسب‌تر و قابل توصیه است.

به‌طور خلاصه:

- در زراعت سیب‌زمینی کم‌آبیاری قابل توصیه نیست.
- با توجه به نتایج به‌دست آمده، فاصلهٔ کاشت ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و فاصلهٔ دو ردیف کاشت روی پشته ۳۵ سانتی‌متر و یک نوار آبیاری قطره‌ای بین آنها، نسبت به سایر آرایش‌های کاشت مناسب‌تر است. در این آرایش، فاصلهٔ نوارها یا شیارها از یکدیگر ۱۲۵ سانتی‌متر با ۶۴۰۰۰ بوته در هر هکتار است.
- خاکدهی، سمپاشی، و سایر عملیات زراعی در آرایش کاشت ۱۲۵ سانتی‌متر ممکن است با استفاده از تراکتورهای معمولی به راحتی میسر نباشد. از این رو پیشنهاد می‌شود که ضمن استفاده از تراکتورهای چرخ باریک فاصلهٔ چرخ‌ها را ۱۳۰ سانتی‌متر (به‌جای ۱۲۵ سانتی‌متر) در نظر بگیرند. این کار به راحتی قابل اجرا است و در حال حاضر در بعضی مناطق کاربرد دارد.

1- Tape

- چنانچه هدف از کشت سیب‌زمینی فقط تولید غده برای مصرف خوراکی و صنعتی (قطر بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر) باشد، تیمار آرایش کاشت ۴۵× ۲۵ سانتی‌متر قابل توصیه است.
- استفاده از آرایش کاشت یک نوار آبیاری برای هر ردیف کشت، به دلیل مقدورنبودن استفاده از ماشین در زمان داشت و برداشت، پایین‌بودن عملکرد، و هزینه زیادتر نسبت به دو آرایش کاشت دیگر، قابل توصیه نیست.

مراجع

Darwish, T., Atallah, T., Elkhatb, M. and Hajasan, S. 2002. Impact of irrigation and fertigation on No. 3. leaching and soil-ground water contamination in Lebanon. 17th WCSS. Aug. 14-21. Thailand.

Eldredge, E. P., Shock, C. C. and Stieber, T. D. 1992. Plot sprinklers for irrigation research. Agron. J. 84, 1081-1084.

Febeiro, C., de Santa Olalla, F. M. and de Juan, J. A. 2001. Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agric. Water Manag. 48, 255-266.

Lynch, D. R., Foroud, N., Kozub, G. C. and Farries, B. C. 1995. The effect of moisture stress at three growth stages on the yield components of yield and processing quality of eight potato cultivars. Am. Potato J. 72, 375-386.

Opena, G. B., and Porter, G. A. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato. II. Root growth. Agron. J. 91, 426-431.

Roberts, S., Weaver, W. H. and Phelps, J. P. 1982. Effect of rate and time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under center pivot irrigation. Am. Potato J. 59, 77-87.

Saffiga, P. G., Keency, D. R. and Tanner, C. B. 1977. Nitrogen, chloride, and water balance with irrigated Russet Burbank potatoes in a sandy soil. Agron. J. 69, 251-257.

Shock, C. C., Feibert, E. B. G. and Saunders, L. D. 1998. Potato yield and quality response to deficit irrigation. Hort. Sci. 33,655-659.

Singh, N. and Sood, M. C. 1996. Effect of planting method and nitrogen on potato (Solanum tuberosum) production under drip irrigation. Indian J. Agron. 4112, 296-30.

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

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. Agron. J. 91, 991-997.

Yuan, B. Z., Nishiyama, S, and Kang, Y. 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip- irrigated potato. Agric. Water Manag. 63, 153-167.

Zhivkov, Z. and Kaltcheva, S. 1997. Irrigation of potatoes under conditions of water deficit. Acta Hort. 449, 217-222.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.8 /No.4 /Winter 2008/P: 81-94*

The Effect of Planting Pattern and Water Levels on the Yield of Potatoes under Drip Irrigation

J. Baghani*, H. Sadr Ghaen and A. Kanooni

*Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Center, P. O. Box: 91275-488, Mashhad, Iran: E-mail: baghanio@yahoo.com

To study the effect of planting pattern and water quantity on potato yields under drip irrigation, this research was conducted using a split plot based on a randomized complete block design with four replications in three regions (Mashhad, Ardebil and Damavand, Iran) during 2003-2004. Nine treatments were used. The main-plots were three levels of irrigation: 100%(I_1), 80%(I_2), and 60%(I_3) of crop water requirement. Three planting pattern were used in the sub plots: B_1, the distance between cultivation rows being 75cm using one drip irrigation lateral line; B_2, two cultivation rows with a 35cm distance and one drip irrigation lateral line between rows (distance between laterals = 135cm); and B_3, two cultivation rows with a distance of 45cm and one drip irrigation lateral line between rows (the distance between laterals = 150cm). Results showed that the B_2 planting pattern had the highest total yield and economic yield in three regions. There was a significant difference between the B_1 and B_3 treatments in Ardebil, but no significant difference in Mashhad and Damavand. The B_2 had the longest tube yield (35-55mm) for the three regions. Water use efficiency (WUE) of the B_2 planting pattern was greater than for the B_1 and B_3, the difference being significant in Ardebil and Damavand, but not in Mashhad. Water stress led to a reduction of the total tube yield, economic yield and WUE. The highest tube yield (35-55 and more than 55mm) was measured when total crop water requirement (I_1) was applied and showed a significant difference with I_2 and I_3 in Mashhad and Ardebil. There was same results for WUE. Accordingly, drip irrigation was suggested for potato cultivation when 100% of crop water requirement was applied.

Key Words: Drip Irrigation, Planting Pattern, Potato, Water Use Efficiency, Yield