دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۲ خرداد ماه ۱۳۸۷

تاثیر دبی ورودی بر روی تغییرات شکل مقطع جویچه

ابوالفضل ناصری[۱]

چکیده

آبیاری جویچه‌ای یکی از روش‌های آبیاری سطحی است که برای آبیاری گیاهان ردیفی کاربرد دارد. برای طراحی, الگوبندی وارزیابی این روش آبیاری ضرورت دارد که پارامترهای هندسی جویچه مشخص گردد. تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر مقادیر مختلف دبی جریان و شامل ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بر روی پارامترهای هندسی جویچه در فاصله‌های مختلف از طول جویچه در یک مزرعه ذرت در دشت مغان ارزیابی گردید. شکل هندسی مقطع جویچه در دو زمان، قبل و بعد از آبیاری با کاربرد دبی‌های یاد شده با دستگاه مقطع سنج چوبی و در فاصله‌های ۵ متر از طول جویچه اندازه گیری شد. طول جویچه‌های مورد آزمایش ۷۵ متر بود. برای بیان شکل هندسی جویچه‌ها، از تقریب سازی شکل استاندارد آنها استفاده شد. بین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری و در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر در نوبت‌های آبیاری در ۸۹ درصد موارد، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. تفاوت میانگین مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری باکاربرد دبی‌های ۵۰ و ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار نشد، ولی تفاوت میانگین مقادیر عرض بالای جویچه و پیرامون تر شده در جویچه با دبی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار شد

واژه‌های کلیدی: شکل جویچه، سطح مقطع جویچه، پیرامون تر شده، عرض بالای جویچه، آبیاری جویچه‌ای

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

نشانی: تبریز صندوق پستی شخصی ۱۳۶۳-۵۱۳۸۵ پست الکترونیک: ab-nasseri@azaran.org.ir همراه:۰۹۱۴۳۱۰۸۴۷۱

مقدمه

روش‌های آبیاری سطحی یکی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین طریق کاربرد آب در مزرعه بوده و در حال حاضر نیز بیش از ۹۵ درصد از اراضی فاریاب دنیا، با این روش‌ها آبیاری می‌شوند. یکی از این روش‌ها، آبیاری جویچه‌ای است که روش بسیار مناسبی برای آبیاری گیاهان ردیفی از قبیل سبزیجات، پنبه، چغندرقند و ذرت بوده و در مواردی برای آبیاری باغات نیز می‌توان از آن استفاده کرد [۵]. در این روش، شکل بستر جریان از اهمیت خاصی برخوردار است. میزان آب نفوذ یافته, پیشروی و پسروی جریان از خصوصیات بستر متاثر شده و هر گونه تغییر در شکل هندسی جویچه می‌تواند برخی عوامل طراحی را تغییر داده و در نتیجه بر روی کاربرد کارای توزیع آب در مزرعه تاثیر بگذارد [۷]. شکل بستر جریان با پارامترهای هندسی جویچه نمایانده می‌شود و عمده‌ترین پارامترهای هندسی جویچه شامل سطح مقطع افقی جریان، پیرامون تر شده، عرض بالای جویچه و شعاع هیدرولیکیاست [۷].

پارامترهای هندسی جویچه در الگوبندی و ارزیابی آبیاری جویچه‌ای مورد نیاز است. به گونه‌ای که سطح مقطع عرضی در محاسبه ذخیره سطحی آب و سرعت جریان کاربرد داشته، از عمق جریان در محاسبه ارتفاع سطح آب و در نتیجه در کاربرد مدل‌های هیدرولیک آبیاری سطحی از جمله: اینرسی صفر، هیدرودینامیک استفاده می‌شود. شدت نفوذ به مقدار پیرامون تر شده مربوط بوده طوری که تغییرپذیری پیرامون تر شده حدود یک سوم تغییرپذیری نفوذ را شامل می‌گردد و شعاع هیدرولیکی در محاسبه نیروی کششی در مدل‌های فرسایش لازم است [۹]. با اینکه آگاهی از مقدار پارامترهای یاد شده ضروری است. برآورد تغییرات شکل هندسی سطح مقطع افقی جویچه به دلیل تاثیرپذیری از مجموعه عواملی چون تورم و تحکیم خاک، فرسایش و رسوبگذاری پیچیده است.

برای توصیف شکل هندسی مقطع جویچه در الگوبندی و ارزیابی آبیاری جویچه‌ای از هر دو صورت بیان تجربی و شکل هندسی استاندارد استفاده می‌شود. گر چه استفاده از بیان تجربی سطح مقطع افقی جویچه در بیشتر فرمول‌بندی‌های الگوها اغلب به منظور کاهش تعداد متغیرهای حل است (۶)، ولی نباید از نظر دور داشت که برازش روابط تجربی با استفاده از تحلیل رگرسیون (یا روش دو نقطه‌ای) با داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری با سطح احتمال معینی صورت می‌گیرد. بدیهی است معادله به دست آمده، برای برآورد مقادیر تابع مورد نظر، دارای خطای مشخصی است, در صورتی که بتوان با خطایی مورد قبول شکل هندسی مقطع جویچه را به یکی از شکل‌های شناخته شده استانداردی مانند شکل‌های مثلثی یا سهموی یا ذوزنقه‌ای تقریب ساخت، پارامترهای برازش مفهوم ملموس‌تری یافته و مقایسه شکل‌های جویچه‌ها نیز از جنبه‌های مختلف به آسانی ممکن خواهد شد. مطالعات انجام یافته در مورد ارزیابی اثرات آبیاری بر روی شکل هندسی جویچه نشان داده که بعد از اولین آبیاری، شکل مثلثی اولیه شیار به شکلی تقریباً ذوزنقه‌ای (در بالا دست مزرعه [۷]) تغییر یافته و در همین نقاط، سطح شیار با کاربرد آبیاری افزایش پیدا کرده است [۷]. قهرمان و هاشمی نیا (۱۳۷۵) گزارش نموده‌اند که تفاوت بین خصوصیات هیدرولیکی سطح مقطع (پیرامون تر شده، سطح مقطع، شعاع هیدرولیکی و عرض بالا) در دو حالت قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده و دلیل آن نبود فرصت کافی برای رسوبگذاری و

تحکیم لایه سطحی و در نتیجه تشکیل لایه رسوبی سله بوده است [۲]. تیمارهای مختلف آبیاری هیچگونه اختلاف معنی‌داری را بین خصوصیات هیدرولیکی مقطع‌های جویچه‌ها در هیچ فاصله‌ای از ابتدای جویچه‌ها باعث نشده‌اند [۲]. مصطفی زاده و واکر (۱۹۸۷) اعلام نمودند که شکل هندسی مقطع افقی جویچه و مشخصه‌های هیدرولیکی آن از یک آبیاری به آبیاری دیگر تغییر یافته، و بیشترین تغییرات در اولین آبیاری بوده است [۷]. هدف از تنظیم مقاله حاضر عبارت است از:

(۱) بررسی تاثیر آبیاری بر روی پارامترهای هندسی جویچه (عرض بالای جویچه، پیرامون تر شده و سطح مقطع جویچه) با کاربرد دبی‌های مختلف در فاصله‌های مختلف از طول جویچه.

(۲) بررسی کاربرد دبی‌های مختلف جریان برروی تغییر احتمالی شکل هندسی جویچه.

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق، برای انجام آزمایش‌ها از جویچه‌هایی با طول ۷۵ متر و به فاصله ۰/۷۵ متر استفاده شد. مواد مورد استفاده شامل فلومهای W. S. C. تیپ یک [۱]، دوربین نقشه‌برداری، دستگاه مقطع سنج چوبی با طول عمق سنج‌های برابر ۳۰ سانتی‌متر و فواصل عمق سنج‌های برابر ۵ سانتی‌متر [۴] (معادل یک پانزدهم عرض جویچه‌ها)، متر نواری، میخ چوبی، زمان سنج، چکش، بیل و مواد لازم برای عملیات کاشت، داشت و برداشت گیاه ذرت علوفه‌ای بود. دبی ورودی به جویچه‌ها برابر ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی (۰/۷۷ لیتر بر ثانیه) بود. مشخصات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده مربوط به تحقیق حاضر به شرح جدول ۱ بود.

روش‌ها

شکل‌های هندسی استاندارد مختلفی را می‌توان برای شکل جویچه‌ها تقریب کرد, در این بررسی سه شکل ۱- ذوزنقه‌ای, ۲- سهموی و ۳- مثلثی مورد نظر هستند، و این به جهت تبعیت داده‌های مقطع سنجی از این شکل‌ها می‌باشد.

شکل ذوزنقه‌ای [۶]:

برای هر عمق جریان, سطح جریان از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$A = 2by + \frac{y^2}{m} \qquad (۱)$$

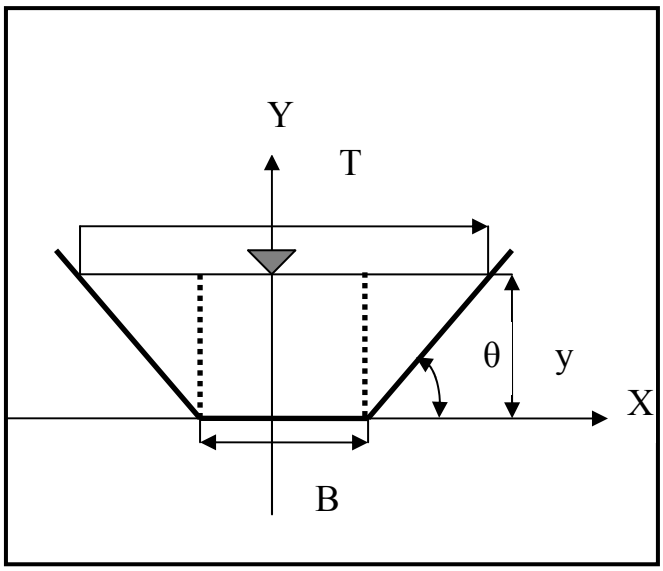
که در آن A= سطح جریان , y = عمق جریان, b= نصف مقدار عرض کف و m= شیب جانبی است. پیرامون تر شده مقطع W_P از رابطه زیر

$$W_P = 2b + 2(y^2 + \frac{y^2}{m^2})^{1/2} \qquad (۲)$$

و عرض بالای جویچه در هر عمق از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T = 2b + \frac{2y}{m} \qquad (۳)$$

که در آن T= عرض بالای جویچه است (شکل ۱).



شکل ۱- شکل هندسی ذوزنقه‌ای جویچه

شکل سهموی [۶ و ۸]:

معادله شکل نیمرخ سهموی جویچه به صورت

$$y = \begin{cases} b_1 x^2 & y \le \circ \\ b_2 x^2 & y \ge \circ \end{cases} \qquad (۴)$$

است. عرض بالای جویچه از رابطه

$$T = \left(\frac{\sqrt{b_1} + \sqrt{b_2}}{\sqrt{b_1 . b_2}}\right)\sqrt{y} \qquad (۵)$$

و سطح مقطع جریان از رابطه زیر

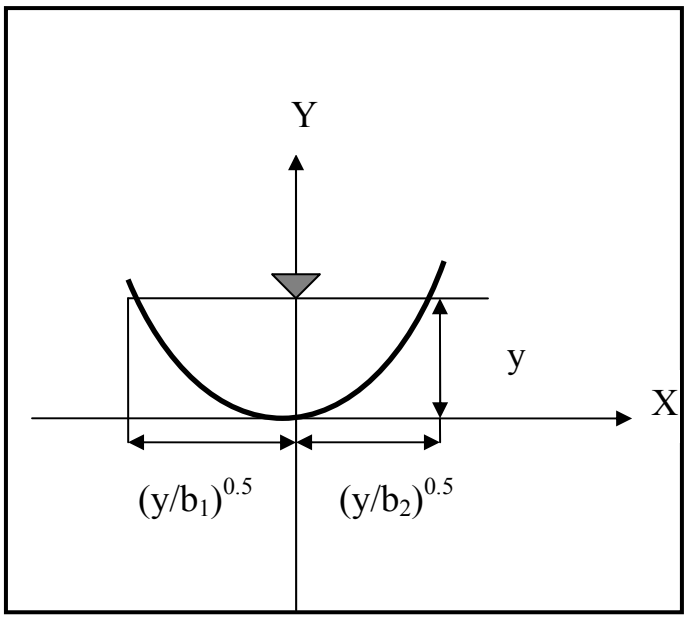
$$A = \frac{4}{3} y^{3/2} \left(\frac{\sqrt{b_1} + \sqrt{b_2}}{2\sqrt{b_1 . b_2}}\right) \qquad (۶)$$

و پیرامون تر شده از رابطه $W_P = W_{P\text{چپ}} + W_{P\text{راست}}$ حاصل می‌شود. که در آن:

$$W_P = \sqrt{\frac{y}{4b}}.\sqrt{1+4yb} + \frac{1}{4b}\operatorname{Arcsinh} 2\sqrt{by} \qquad (۷)$$

(راست یا چپ)

برای پیرامون‌تر شده برای سمت راست مرکز جویچه $b=b_۲$ و جهت پیرامون‌تر شده سمت چپ $b=b_۱$ اعمال می‌شود (شکل ۲).



شکل۲- شکل هندسی سهموی جویچه

شکل مثلثی [۶]:

شکل مثلثی جویچه با استفاده از دو معادله خطی زیر قابل بیان است:

$$y = m_1 x + b_1 \quad \text{و} \quad y = m_2 x + b_2 \qquad (۸)$$

سطح مقطع جریان نظیر هر عمق y از رابطه زیر:

$$A = \frac{y^2}{2}\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right) \qquad (۹)$$

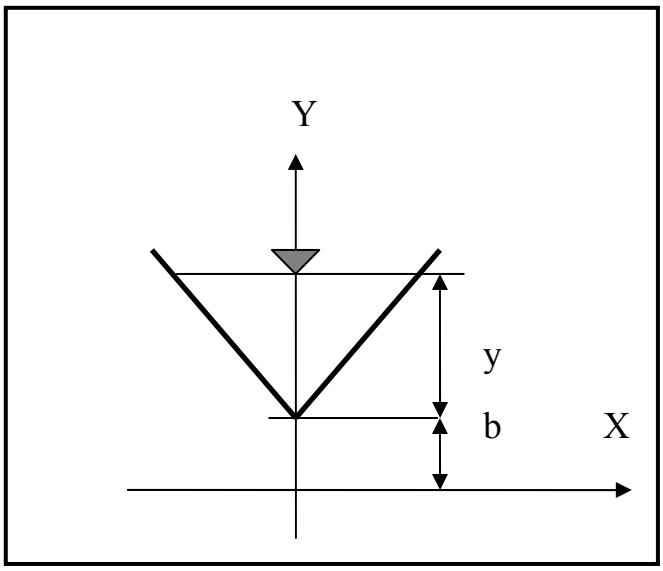
و پیرامون تر شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W_P = \sqrt{\left(\frac{y}{m_1}\right)^2 + y^2} + \sqrt{\left(\frac{y}{m_2}\right)^2 + y^2} \qquad (۱۰)$$

عرض بالای جویچه مثلثی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$T = \frac{y}{m_1} + \frac{y}{m_2} \qquad (۱۱)$$

که در آن m_1 و m_2 شیب جانبی راست و چپ شکل مثلثی هستند(شکل ۳).



شکل ۳- شکل هندسی مثلثی جویچه

برای نیل به اهداف یادشده, آزمایش‌های لازم در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی مغان انجام شد. برای انجام آزمایش‌ها قطعه زمینی انتخاب و در آن ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ کشت شد. فاصله ردیف‌های کاشت برابر ۰/۷۵ متر و طول ردیف‌ها ۷۵ متر بود. شیب طولی جویچه‌ها با یک دستگاه دوربین نقشه‌برداری برابر ۰/۰۰۷۸ اندازه‌گیری شد. آبیاری‌ها, با روش جویچه‌ای و با جریان پیوسته انجام شد. برای اندازه‌گیری دبی جریان ورودی و خروجی از جویچه تحت آبیاری از فلوم W. S. C. تیپ یک استفاده شد [۱]. در حین آبیاری، زمان‌های پیشروی،پسروی و عمق آب در فاصله‌های ۵ متر از طول جویچه اندازه‌گیری و ثبت شد. شکل هندسی مقطع جویچه در دو زمان، قبل و بعد از آبیاری و در نوبت‌های آبیاری دوم، سوم و پنجم با استفاده از دستگاه مقطع سنج چوبی که به این منظور طراحی و ساخته شده بود اندازه‌گیری شد. فواصل مقطع سنجی در طول جویچه برابر ۵ متر بود [۴]. برای بیان شکل هندسی جویچه‌ها، تقریب‌سازی شکل استاندارد آنها بکار رفت. برای بررسی تاثیر آبیاری در تغییر شکل هندسی جویچه‌ها در نوبت‌های آبیاری، از آزمون علامت‌ها برای دو نمونه وابسته استفاده شد [۳]. به منظور مقایسه مقادیر و میانگین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه‌ها در قبل و بعد از آبیاری به ترتیب از آزمون t جفت شده و آزمون t استفاده شد [۳].

نتایج و بحث

با داده‌های به دست آمده از مقطع سنجی در قبل و بعد از آبیاری, نیمرخ مقاطع جویچه در محورهای مختصات رسم گردید. با مشاهده نیمرخ‌های حاصل، شکل استاندارد جویچه نزدیک به آن مشخص و پارامترهای شکل هندسی جویچه تقریب‌سازی گردید. در جدول ۲ شکل استاندارد تقریب‌سازی شده برای مقطع‌های اندازه‌گیری شده در قبل و بعد از آبیاری در هر یک از تیمارهای دبی ورودی به جویچه (نوبت‌های آبیاری دوم، سوم و پنجم) ارائه شده است. بیشترین تعداد شکل استاندارد در جویچه‌های مورد آزمایش برابر ۴۰ با شکل سهموی (و با تعداد برابر در قبل و بعد از آبیاری) و کمترین تعداد از آن شکل ذوزنقه‌ای با ۷ مورد در قبل از آبیاری و ۱۳ مورد بعد از آبیاری بود.

جدول ۱- مقادیر برخی از مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

مشخصه‌های فیزیکی			مشخصه‌های شیمیایی		
بافت خاک		رسی سیلتی		$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	۱۶/۰۰
درصد ذرات	شن	۴/۸۶	کاتیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)	Na^{+}	۷/۵۰
	سیلت	۴۱/۲۴		مجموع	۲۳/۵
	رس	۵۳/۹۰		HCO^{-}_{3}	۲/۰۰
نقطه پژمردگی (درصد وزنی)		۲۱/۷۴	آنیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)	Cl^{-}	۱۰/۰۰
ظرفیت زراعی (درصد وزنی)		۲۹/۹۹		SO^{2-}_{4}	۵/۶۲
هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر)		۱/۷۰		مجموع	۱۷/۶۲
اسیدیته		۷/۲۲			

برای بررسی تاثیر کاربرد دبی‌های مختلف در تغییر شکل هندسی جویچه در نوبت‌های آبیاری با تخصیص نمره‌های ۱، ۲ و ۳ برای شکل‌های استاندارد مثلثی، سهموی و ذوزنقه‌ای از آزمون علامت‌ها برای دو نمونه وابسته استفاده شد. مقادیر آماره کی‌دو[۲] (χ^2) برای تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی به ترتیب برابر ۱، ۸ و ۰/۱۴ به دست آمد. بررسی مقادیر آماره یادشده نشان داد که در تیمارهای ۵۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سطح احتمال ۵ درصد تغییر شکل جویچه‌های مورد آزمایش معنی‌دار نبود، ولی تغییر شکل جویچه‌ها در تیمار ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار بود و این تغییر، بیشتر از شکل مثلثی به سهمی و از شکل سهمی به ذوزنقه‌ای بود.

نتایج نشان داد که کمترین تغییرات در ۲۵ متر دوم و سوم و با کاربرد دبی‌های ۵۰و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و بیشترین تغییر شکل جویچه در ۲۵ متر سوم با کاربرد دبی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بود. برای نمونه، در جدول ۳، مقادیر عرض بالا، پیرامون تر شده و سطح مقطع هر عمق جریان, برای شکل‌های استاندارد جویچه‌ها ارائه شده است.

1- Chi-square

به منظور بررسی تاثیر آبیاری بر روی پارامترهای هندسی جویچه از جمله عرض بالای جویچه، پیرامون تر شده و سطح مقطع جریان با کاربرد دبی‌های مختلف و فاصله‌های مختلف از طول جویچه به صورت جویچه به صورت زیر عمل شد: با استفاده از نتایجی نظیر آنچه در جدول ۳ ارائه شده و به ازاء حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع در فاز پیشروی و میانگین عمق جریان در مقطع‌های اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان حاصل ازکاربرد دبی‌های مختلف, مقادیر پارامترهای هندسی جویچه به دست آمد. با محاسبه و دید داشت تفاوت مقادیر پارامترها در قبل و بعد از آبیاری برای فاصله‌های ۲۵ متر اول، ۲۵ متر دوم و ۲۵ متر سوم و فاصله ۷۵ متر از طول جویچه، مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای هر یک به دست آمد.

جدول ۲- شکل استاندارد مقطع جویچه‌ها، در قبل و بعد از آبیاری با کاربرد دبی‌های مختلف.

شماره مقطع	شکل مقطع در جویچه دارای ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		شکل مقطع در جویچه دارای ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		شکل مقطع در جویچه دارای ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی	
	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری
۱	سهموی	ذوزنقه‌ای	سهموی	سهموی	سهموی	مثلثی
۲	مثلثی	مثلثی	مثلثی	مثلثی	سهموی	ذوزنقه‌ای
۳	مثلثی	سهموی	ذوزنقه‌ای	ذوزنقه‌ای	ذوزنقه‌ای	مثلثی
۴	ـــ	ـــ	مثلثی	ذوزنقه‌ای	سهموی	ذوزنقه‌ای
۵	مثلثی	مثلثی	سهموی	ذوزنقه‌ای	ذوزنقه‌ای	سهموی
۶	سهموی	سهموی	ذوزنقه‌ای	ذوزنقه‌ای	سهموی	سهموی
۷	مثلثی	سهموی	سهموی	ذوزنقه‌ای	سهموی	سهموی
۸	مثلثی	مثلثی	ذوزنقه‌ای	ذوزنقه‌ای	سهموی	سهموی
۹	مثلثی	مثلثی	مثلثی	سهموی	مثلثی	ذوزنقه‌ای
۱۰	مثلثی	مثلثی	سهموی	سهموی	سهموی	سهموی
۱۱	مثلثی	مثلثی	مثلثی	سهموی	مثلثی	ذوزنقه‌ای
۱۲	سهموی	سهموی	مثلثی	ذوزنقه‌ای	سهموی	سهموی
۱۳	سهموی	سهموی	مثلثی	مثلثی	سهموی	سهموی
۱۴	ذوزنقه‌ای	ذوزنقه‌ای	مثلثی	سهموی	سهموی	سهموی
۱۵	ذوزنقه‌ای	سهموی	سهموی	ذوزنقه‌ای	سهموی	سهموی

توضیح: تغییر شکل مقاطع در جویچه‌های دارای دبی ورودی ۵۰ و ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی از عوامل غیر قابل کنترل و عملیات زراعی ناشی شده که امکان تفکیک اثرات آنها مقدور نشد.

جدول ۳- رابطه عرض بالا، پیرامون تر شده و سطح مقطع با عمق جریان برای شکل‌های استاندارد در جویچه دارای دبی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی (برای نمونه).

شماره مقطع		عرض بالای جویچه (سانتی‌متر)	سطح مقطع (سانتی‌متر مربع)	پیرامون تر شده (سانتی‌متر)
۸	قبل از آبیاری	$T=5+6/6974\ y$	$A=(5+2/7523\ y)\ y$	$W_P = 5+7.0443y$
	بعد از آبیاری	$T=5+4/4444\ y$	$A=(5+2/0830\ y)\ y$	$W_P = 5+4.8959\ y$
۹	قبل از آبیاری	$T=5/0936\ y$	$A=2/5468\ y^{2}$	$W_P = 5.5087\ y$
	بعد از آبیاری	$T=9/4119\ y^{0.5}$	$A=6/2746\ y^{1.5}$	$W_P = \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.2514y}}{0.5014} + 3.9773\,\mathrm{Arcsinh}\,2\sqrt{0.06285y} + \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.136y}}{0.3689} + 7.3529\,\mathrm{Arcsin\,h}2\sqrt{0.0340y}$
۱۰	قبل از آبیاری	$T=10/9912\ y^{0.5}$	$A=7/3275\ y^{1.5}$	$W_P = \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.09068y}}{0.3014} + 11.02779\,\mathrm{Arcsin\,h}2\sqrt{0.0227y} + \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.2114y}}{0.4598} + 4.7295\,\mathrm{Arcsin\,h}2\sqrt{0.05286y}$
	بعد از آبیاری	$T=10/5136\ y^{0.5}$	$A=7/0091\ y^{1.5}$	$W_P = \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.1147y}}{0.3387} + 8.7184\,\mathrm{Arcsin\,h}2\sqrt{0.02867y} + \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.1884y}}{0.4336} + 5.308\times\mathrm{Arcsin\,h}2\sqrt{0.0471y}$
۱۱	قبل از آبیاری	$T=4/9432\ y^{0.5}$	$A=2/4716\ y^{2}$	$W_P = 7.5359\ y$
	بعد از آبیاری	$T=9/579\ y^{0.5}$	$A=6/3860\ y^{1.5}$	$W_P = \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.2514y}}{0.5014} + 3.9778\,\mathrm{Arcsin\,h}2\sqrt{0.06285y} + \frac{\sqrt{y}\sqrt{1+0.128y}}{0.3578} + 7.8125\times\mathrm{Arcsin\,h}2\sqrt{0.032y}$

توضیح: در این جدول T= عرض بالای بالای جویچه (سانتی‌متر)، W_P= پیرامون تر شده (سانتی‌متر)، A= سطح مقطع (سانتی‌متر مربع) و y= عمق جریان (سانتی‌متر) است.

جدول ۴- مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر عرض بالای جویچه در قبل و بعد از آبیاری

با کاربرد دبی ورودی							
فاصله از طول		۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیرفرسایشی	
جویچه		y_{max}	y_{mean}	y_{max}	y_{mean}	y_{max}	y_{mean}
۲۵ متر اول	میانگین	۱۴/۹۸۱	۷/۱۴۶	۷/۰۷۹	۲/۵۱۳	**۱۲/۱۴۹**	۴/۹۶۱
	واریانس	۱۱۲/۹۵۰	۱۹/۵۹۳	۴/۰۱۱	۲/۱۱۵	۹۷/۳۱۲	۸/۳۵۳
	آماره **t**	۲/۸۱۹	۳/۶۱۰	۷/۹۰۴	۳/۸۶۴	۲/۷۵۴	۳/۸۳۸
	سطح احتمال	۵ درصد	۲/۵ درصد	۱ درصد	۱درصد	۵ درصد	۱ درصد
۲۵ متر دوم	میانگین	۳/۵۱۳	۱/۹۴۹	۷/۸۷۷	۳/۴۸۹	۲۲/۳۹۵	۶/۰۹۹
	واریانس	۱۳/۴۱۴	۳/۸۵۹	۴۳/۱۵۴	۶/۹۳۸	۱۸۳/۶۶۷	۲۰/۹۹۵
	آماره **t**	۲/۱۴۴	۲/۲۱۹	۲/۶۸۱	۲/۹۶۲	۳/۶۹۵	۲/۹۷۶
	سطح احتمال	۵ درصد	۵ درصد	ns	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد
۲۵ متر سوم	میانگین	۱/۵۴۹	۳/۰۷۳	۱۶/۷۹۸	۴/۹۷۸	۱۲/۰۸۶	۵/۶۸۹
	واریانس	۲۳/۰۹۴	۱۶/۸۵۹	۱۳۴/۲۰۵	۱۴/۹۰۱	۶۴/۶۳۲	۳۳/۰۱۸
	آماره **t**	۰/۷۲۱۱	۱/۶۷۳	۳/۲۴۲	۲/۸۶۶	۳/۳۶۱	۲/۲۱۴
	سطح احتمال	ns	ns	۵ درصد	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۵ درصد
طول ۷۵ متر جویچه	میانگین	۷/۸۶۳	۳/۸۳۶	۱۰/۵۸۴	۳/۶۴۹	۱۵/۵۴۳	۵/۵۸۳
	واریانس	۷۶/۸۸۳	۱۵/۸۶۰	۷۲/۶۱۲	۷/۹۱۷	۱۲۳/۸۹۵	۱۸/۰۵۶
	آماره **t**	۴۳/۴۷۳	۳/۷۳۰	۴/۸۱۰	۵/۰۲۴	۵/۴۰۸	۵/۰۸۹
	سطح احتمال	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۱ درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد

توضیح: در این جدول : (با y_{max}) و (با y_{mean}) به ترتیب به مفهوم محاسبه تفاوت مقادیر عرض بالا با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان در مقطع‌ها بوده و نتایج ردیفی شامل میانگین , واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌دار بودن است و ns به مفهوم عدم معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد یا کمتر است.

جدول ۵- مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر پیرامون تر شده در قبل و بعد از آبیاری

با کاربرد دبی ورودی						
فاصله از طول	۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی	
جویچه		y_{max}	y_{mean}	y_{max}	y_{mean}	y_{max}	y_{mean}
۲۵ متر اول	میانگین	۱۳/۱۲۳	۶/۷۶۷	۶/۴۶۱	۲/۴۸۱	**۱۳/۱۴۹**	۸/۲۳۲
	واریانس	۹۵/۰۳۸	۱۷/۷۳۶	۱/۷۲۸	۱/۱۹۶	۱۰۲/۵۱	۴۱/۲۳۵
	آماره **t**	۲/۶۹	۳/۲۳۱	۱۰/۹۹۲	۵/۰۷۳	۲/۹۰۰	۲/۸۶۶
	سطح احتمال	۵ درصد	۲/۵ درصد	۰/۰۵درصد	۰/۵درصد	۲/۵درصد	۲/۵درصد
۲۵ متر دوم	میانگین	۳/۲۴۴	۱/۹۰۰	۷/۱۴۷	۵/۱۶۴	۱۳/۶۷	۴/۶۲۸
	واریانس	۱۴/۳۳۶	۳/۷۵۵	۳۵/۴۹۱	۹/۴۶۳	۳۵/۳۲	۱۱/۵۷۹
	آماره **t**	۱/۹۱۶	۲/۱۹۲	۲/۶۸۲	۳/۷۵۴	۵/۱۴۱	۳/۰۴۱
	سطح احتمال	**ns**	۵ درصد	۲/۵ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد	۲/۵ درصد
۲۵ متر سوم	میانگین	۶/۹۰۲	۳/۱۹۵	۱۴/۵۴۲	۴/۷۰۴	۱۰/۵۴۱	۵/۲۹۶
	واریانس	۵۳/۵۲۴	۱۴/۵۱۱	۱۳۵/۸۰۰	۱۱/۷۸۲	۲۲/۰۳۴	۲۳/۹۰۹
	آماره **t**	۱/۸۸۷	۱/۸۷۵	۲/۷۹۰	۳/۰۶۴	۵/۰۲۱	۲/۴۲۲
	سطح احتمال	ns	ns	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۰/۵درصد	۵ درصد
طول ۷۵ متر جویچه	میانگین	۷/۳۷۳	۳/۷۵۳	۹/۳۸۳	۴/۱۱۶	۱۲/۴۵۲	۶/۰۵۲
	واریانس	۵۹/۶۳	۱۳/۹۴۸	۶۳/۷۷۳	۷/۸۸۲	۴۷/۶۸	۲۴/۵۴۷
	آماره **t**	۳/۵۷۳	۳/۷۵۹	۴/۵۵۱	۵/۶۷۸	۶/۹۸۴	۴/۷۳۱
	سطح احتمال	۲/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵درصد	۰/۰۵ درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد

توضیح: در این جدول: (با y_{max}) و (با y_{mean}) به ترتیب به مفهوم محاسبه تفاوت مقادیر پیرامون تر شده با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان در مقطع‌ها بوده و نتایج به صورت میانگین، واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌دار بودن به صورت ستونی ارائه شده است و n s به مفهوم عدم معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد یا کمتر است.

در جداول ۴ و ۵ مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر عرض بالای جویچه، پیرامون تر شده و سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع در فاز پیشروی و میانگین عمق جریان حاصل از کاربرد دبی‌های مختلف در مقطع‌های اندازه‌گیری شده ارائه شده است.

بررسی جدول‌های یاد شده به نتایج زیر منجر شد:

۱- تفاوت مقادیر عرض بالای جویچه در قبل و بعد از آبیاری باکاربرد دبی‌های مختلف در فاصله‌های ۲۵ متر اول، ۲۵ متر دوم و ۲۵ متر سوم و ۷۵ متر، در سطح احتمال مساوی یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار

بود. این تفاوت در ثلث آخر (یا ۲۵ متر سوم) طول جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سطح احتمال یاد شده معنی‌دار نبود.

۲- به جز در ۲۵ متر دوم در جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد دبی فرسایشی با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و ۲۵ متر سوم در جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی، در سایر حالت‌ها یعنی در فاصله‌های ۲۵ و ۵۰ و ۷۵متر و سراسر طول ۷۵ متر درجویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی تفاوت مقادیر پیرامون تر شده در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال مساوی یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود.

۳- براساس میانگین عمق جریان در مقطع‌ها, به جز در ۵۰ و ۷۵ متر در جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی، در حالت‌های دیگر یعنی در ۲۵ و ۵۰ و۷۵متر درجویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی تفاوت سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال مساوی یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود. با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع در فاز پیشروی به جز در طول ۷۵ متر از طول جویچه دارای دبی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سایر حالت‌ها، تفاوت‌های به دست آمده برای سطح مقطع جویچه در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال یادشده , معنی‌دار بود.

با اعمال میانگین عمق جریان (y_{mean}) حاصل از کاربرد دبی‌های مختلف در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و فاصله ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌ها و برای حالت ترکیب دبی‌های مختلف (ترکیب تیمارها یعنی صرف نظر از تاثیرپذیری تغییر شکل پارامترهای هندسی جویچه کلیه نتایج قبل وبعد از آبیاری در مقاطع مختلف جویچه بررسی یا مقایسه شده‌اند). در مقادیر میانگین, واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر عرض بالای جویچه, پیرامون تر شده و سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری محاسبه وجدول ۷ ارائه شده است. نتایج زیر از بررسی داده‌های جدول۷ یاد شده به دست آمد:

۱- تفاوت عرض بالای جویچه در قبل و بعد از آبیاری، در سطح احتمال ۵ درصد در ۲۵ متر دوم و سوم از طول جویچه تحت آبیاری معنی‌دار نبود، ولی برای فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌های تحت تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ترکیب تیمارهای دبی ورودی, تفاوت‌ها در سطح احتمال برابر یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

۲- تفاوت مقادیر پیرامون تر شده در قبل و بعد از آبیاری، در سطح احتمال ۵ درصد، در ۲۵ متر سوم از جویچه‌ها در تیمارهای ۵۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار نبود، در حالی که در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌های تحت تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ترکیب تیمارهای دبی ورودی، تفاوت یاد شده در سطح احتمال برابر یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

۳- در فاصله ۲۵ متر دوم و سوم از جویچه تحت تیمار ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و فاصله ۲۵ متر سوم از جویچه تحت تیمار ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی, تفاوت سطح مقطع جویچه در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار نبود، ولی در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم، سوم و طول ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌های تحت تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ترکیب تیمارهای دبی ورودی, تفاوت یاد شده در سطح احتمال برابر یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

در اکثر موارد، بین مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، ولی در مواردی، بین مقادیر یاد شده تفاوتی یافت نشد. پراکنش این عدم تفاوت به صورت زیر بود:

از مجموع ۱۴۴ مورد، در ۱۶ مورد یعنی حدود ۱۱/۱ درصد، بین مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری در جویچه‌های با دبی‌های ۵۰, ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر تفاوتی مشاهده نشد. حدود ۷۵ درصد از ۱۱/۱ درصد یاد شده مربوط به جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ۱۸/۷ درصد از آن مربوط به جویچه دارای دبی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بود. حدود ۶۷ درصد از ۷۵ درصد فوق در ۲۵ متر سوم از طول جویچه و ۳۳ درصد از آن مربوط به ۲۵ متر دوم از جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بود. به نظر می‌رسد که مقاطع مختلف جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی به ویژه در ۲۵ متر سوم و دوم حالت نسبتاً تغییرناپذیری داشته و پارامترهای هندسی آن از دبی ورودی، کمتر متاثر بوده‌اند. حدود ۳۷/۵ درصد از نامتفاوت بودن مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری مربوط به عرض بالای جویچه، ۳۷/۵ درصد از آن مربوط به سطح مقطع جریان و ۲۵ درصد آن مربوط به پیرامون تر شده بود.

با اعمال میانگین عمق جریان در مقطع‌ها و میانگین عمق جریان حاصل ازکاربرد دبی‌های مختلف، میانگین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری، در درجویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی محاسبه شد. سپس، میانگین‌های به دست آمده با آزمون t مقایسه شد.

جدول ۶- مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری

با کاربرد دبی ورودی							
فاصله از طول جویچه		۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی	
		y_{max}	y_{mean}	y_{max}	y_{mean}	y_{max}	y_{mean}
۲۵ متر اول	میانگین	۶۳/۲۵۵	۱۸/۴۲۵	۲۸/۵۴۵	۱۵/۵۰۹	۴۸/۹۵۲	**۱۰/۶۹۶**
	واریانس	۲۳۶۶/۸۹	۱۳۸/۷۹۷	۳۷/۶۱۲	۴۲۸/۲۳۱	۸۸۶/۹۴۷	۵۴/۸۱۰
	آماره **t**	۲/۶	۳/۱۲۸	۱۰/۴۰۸	۲/۹۰۳	۳/۶۷۵	۳/۲۳
	سطح احتمال	۵ درصد	۵درصد	۰/۰۵درصد	۲/۵ درصد	۲/۵درصد	۲/۵درصد
۲۵ متر دوم	میانگین	۱۴/۰۰۶۶	۵/۸۱۸	۲۵/۲۱۴	۷/۳۰۵	۹۲/۱۶۶	۱۰/۵۶۹
	واریانس	۲۰۷/۵۶۷	۶۰/۸۰۵	۱۴۵/۵۵۱	۱۲/۶۲۹	۱۴۸۴/۳۸	۴۴/۱۵۸
	آماره **t**	۲/۱۷۴	۱/۶۶۸	۴/۶۷۳	۴/۵۹۶	۵/۳۴۹	۳/۵۵۶
	سطح احتمال	۵ درصد	**ns**	۰/۵ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد	۲/۵ درصد
۲۵ متر سوم	میانگین	۳۷/۱۵	۶/۵۹۰	۵۷/۱۴۰	۱۰/۱۵۸	۶۸/۵۱۱	۱۲/۲۲۶
	واریانس	۸۹۲/۳۰۲	۷۷/۵۱۹	۴۱۳۳/۹۲	۳۷/۸۵۹	۱۹۰۰/۴۹۷	۹۶/۷۸۲
	آماره **t**	۲/۷۸	۱/۶۷۴	۱/۹۸۷	۳/۶۹۱	۳/۵۱۴	۲/۷۷۹
	سطح احتمال	۲/۵ درصد	**ns**	۱۵ درصد	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد
طول ۷۵ متر جویچه	میانگین	۳۶/۳۴۳	۹/۶۹۶	۳۶/۹۶۶	۱۰/۹۹۱	۶۹/۸۷۶	۱۲/۲۲۶
	واریانس	۱۲۹۹/۶۲	۱۰۷/۵۳	۱۴۵۳/۴۶	۱۴۹/۱۷۰	۱۵۵۴/۹۹۴	۹۶/۷۸۱
	آماره **t**	۳/۷۷۲	۳/۶۲	۳/۷۵۵	۳/۴۸۵	۶/۸۶۳	۴/۸۱
	سطح احتمال	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۰۵ درصد	۰/۵درصد	۰/۰۵درصد

توضیح: در این جدول: (با y_{max}) و (با y_{mean}) به ترتیب به مفهوم محاسبه تفاوت مقادیر عرض بالا با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان در مقطع‌ها بوده و نتایج ردیفی شامل میانگین، واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌دار بودن است و n s به مفهوم عدم معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد یا کمتر است.

جدول ۷- مقادیر میانگین، واریانس و آماره **t** برای تفاوت مقادیر عرض بالا، پیرامون تر شده و سطح مقطع با اعمال میانگین عمق جریان با کاربرد دبی‌های مختلف

فاصله از ابتدای جویچه		۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی			۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی			۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی			ترکیب تیمارهای دبی ورودی		
		عرض بالا	پیرامون تر شده	سطح مقطع	عرض بالا	پیرامون تر شده	سطح مقطع	عرض بالا	پیرامون تر شده	سطح مقطع فرسایشی	عرض بالا	پیرامون تر شده	سطح مقطع
۲۵ متر اول	میانگین	۶/۷۸	۶/۴۳۱	۱۵/۹۳۸	۲/۵۰۲	۳/۵۴۷	۷/۷۸۸	۵/۳۳۸	۷/۴۵۶	۱۱/۹۸۹	۴/۷۳۶	۵/۷۶۷	۱۱/۸۳۱
	واریانس	۱۶/۰۱۵	۱۵/۱۷۴	۱۱۴/۱۳۹	۲/۵۳۲	۱۰/۳۳۵	۱۹/۹۸۴	۷/۳۱۵	۲۸/۶۰	۶۷/۳۶۱	۱۰/۰۶۷	۱۸/۶۱۱	۶۲/۲۲۴
	t	۳/۳۸۷	۳/۳۰۲	۲/۹۸۴	۳/۵۱	۲/۴۶۷	۳/۸۹۶	۴/۴۱	۳/۱۲۰	۳/۲۶۶	۵/۵۸۶	۵/۰۰۲	۵/۶۱۲
	سطح احتمال	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۵ درصد	۲/۵ درصد	۵ درصد	**۱ درصد**	۱ درصد	**۲/۵ درصد**	**۲/۵ درصد**	۰/۰۵ درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵ درصد
۲۵ متر دوم	میانگین	۱/۹۴۹	۲/۱۳۰۲	۵/۰۸۰	۳/۵۱۸	۳/۶۳۵	۷/۶۹۸	۶/۶۱۸	۵/۱۳۳	۱۱/۷۷۶	۴/۰۲۸	۳/۵۱۴	۸/۱۸۵
	واریانس	۴/۲۰۲	۳/۲۷۷	۵۰/۹۶۳	۷/۸۰۲	۴/۱۸۹	۱۳/۶۴۹	۲۲/۷۲۵	۱۲/۳۰۶	۶۴/۱۴۲	۱۳/۹۵۶	۷/۹۴۲	۴۴/۹۲
	t	۲/۱۲۶	۲/۶۳۱	۱/۵۹۱	۲/۸۱۶	۳/۹۷۱	۴/۶۵۹	۳/۱۰۴	۳/۲۷۰	۳/۲۸۸	۴/۱۷۶	۴/۸۲۹	۴/۷۲۹
	سطح احتمال	**ns**	۵ درصد	**ns**	۲/۵ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد	۲/۵درصد	۲/۵درصد	۲/۵درصد	۰/۰۵ درصد	۰/۰۵ درصد	۰/۰۵درصد
۲۵ متر سوم	میانگین	۲/۷۵۳	۲/۶۲	۱۱/۲۸۹	۵/۰۱۹	۴/۸۲۵	۱۰/۷۸۱	۵/۹۳۴	۶/۱۲۴	۱۲/۵۰۵	۴/۵۶۹	۸/۶۵۶	۱۱/۵۲۵
	واریانس	۱۳/۲۵	۱۲/۴۸۲	۱۶۷/۲۰۸	۱۷/۰۶۵	۱۳/۴۴۲	۴۰/۱۳۴	۳۶/۳۱۶	۴۲/۰۵۴	۱۴۱/۵۱۸	۲۰/۹۵۲	۶۴/۰۷۷	۱۰۰/۲۳۵
	t	۱/۶۹۱	۱/۶۵۸	۱/۹۵۲	۲/۱۷۶	۲/۹۴۲	۳/۸۰۵	۲/۲۰	۲/۱۱	۲/۳۵	۳/۷۳۴	۴/۰۴۶	۴/۴۵۸
	سطح احتمال	ns	ns	ns	۵ درصد	۲/۵ درصد	ns	۵ درصد	ns	۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد
طول ۷۵ متر از ابتدای جویچه	میانگین	۳/۶۱۶	۳/۵۳۴	۱۰/۳۹۹	۳/۶۷۹	۳/۸۱۷	۸/۹۵۶	۵/۹۶۳	۶/۲۳۸	۱۲/۰۹۰	۴/۴۳۸	۴/۶۳۶	۱۴/۹۴۶
	واریانس	۱۳/۴۹۶	۱۲/۰۱۳	۱۱۴/۰۹۴	۸/۹۷۴	۹/۵۲۸	۲۲/۲۵۱	۱۹/۲۵۲	**۲۴/۶۷۴**	۷۸/۱۰۶	۱۴/۵۰	۱۶/۳۷۳	۳۰/۲۵۸
	t	۳/۶۸۳	۳/۸۱۵	۳/۶۴۳	۴/۷۶	۴/۷۹	۷/۳۵۳	۵/۲۶۴	۴/۸۶۳	۵/۲۹۸	۷/۷۳	۱۳/۲۶۳	۱۷/۸۱۷
	سطح احتمال	۰/۵درصد	۰/۵درصد	۰/۵درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۱درصد	۰/۰۵درصد	۰/۰۵درصد

توضیح: در این جدول نتایج ستونی به ترتیب شامل میانگین، واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌داری است.

جدول ۸- نتیجه مقایسه میانگین پارامترهای هندسی جویچه‌های تحت آبیاری در قبل و بعد از آبیاری

		عرض بالای جویچه (سانتی‌متر)				پیرامون تر شده (سانتی‌متر)				سطح مقطع (سانتی‌متر)			
	عمق جریان	y =۳/۵۵۰		y =۳/۱۷۰		y =۳/۵۵۰		y =۳/۱۷۰		y =۳/۵۵۰		y =۳/۱۷۰	
۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی	میانگین	۱۷/۴۹۰	۱۸/۱۵۷	۱۶/۲۰۸	۱۶/۶۱۶	۱۹/۱۸۶	۱۹/۷۳۲	۱۷/۸۰۴	۱۷/۹۳۵	۳۸/۱۶۰	۳۷/۲۸۹	۳۱/۸۳۵	۳۲/۷۶۷
	واریانس	۳۳/۷۲۶	۱۸/۴۷۹	۳۲/۳۴۵	۱۷/۶۸۴	۳۰/۹۴۸	۱۷/۵۸۴	۲۹/۸۱۷	۱۶/۶۸۰	۲۹۵/۹۱۷	۱۷۵/۷۷۳	۲۳۰/۳۲۲	۲۲۵/۲۱۲
	t	t =۰/۳۱۷ ns		t =۰/۲۲۳ ns		t =۰/۲۹۳ ns		t =۰/۰۷۱ ns		t =۰/۱۵۰ ns		t =۰/۱۶۳ ns	
	عمق جریان	y =۳/۰۵۳		y =۳/۱۷۰		y =۳/۰۵۳		y =۳/۱۷۰		y =۳/۰۵۳		y =۳/۱۷۰	
۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی	میانگین	۱۷/۳۰۹	۱۹/۱۶۴	۱۷/۷۵۱	۱۹/۷۲۸	۱۹/۴۳۹	۱۹/۸۴	۱۹/۶۲۰	۲۱/۰۰۰	۳۲/۵۵۱	۳۶/۳۳۲	۳۴/۵۱۶	۳۶/۰۶۵
	واریانس	۱۲/۷۷۸	۱۷/۰۲۳	۱۳/۲۵۶	۱۷/۵۴۷	۱۹/۳۸۲	۱۸/۷۶	۱۹/۳۶۵	۱۶/۳۰۰	۵۵/۲۸۴	۲۷۷/۸۶۱	۶۰/۷۸۵	۱۰۳/۲۶۶
	t	t =۱/۳۱۶ ns		t =۱/۵۱۷ ns		t =۰/۲۵۱ ns		t =۰/۸۹۴ ns		t =۰/۸۰۲۲ n.s.		t =۰/۴۶۸ ns	
	عمق جریان	y =۲/۹۰۰		y =۳/۱۷۰		y =۲/۹۰۰		y =۳/۱۷۰		y =۲/۹۰۰		y =۳/۱۷۰	
۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی	میانگین	۱۵/۶۷	۲۰/۳۸	۱۶/۷۱۱	۲۱/۵۶۷	۱۶/۴۳۳	۲۱/۵۷۶	۱۷/۳۳۷	۲۲/۱۵۸	۲۸/۲۸۷	۳۳/۷۷۴	۳۳/۷۹۹	۳۸/۸۳
	واریانس	۴۳/۰۹	۴۰/۳۷	۵۲/۱۲۶	۴۷/۴۵۵	۱۹/۲۴۴	۵۳/۹۱۸	۲۹/۸۵۹	۵۰/۶۹۵	۷۴/۲۵۳	۱۱۵/۳۷۴	۱۱۷/۱۶۱	۱۴۱/۰۰۶
	t	t =۱/۹۹ ns		t =۱/۸۸۵ ns		t =۲/۱۰۲ ns		t =۲/۰۸۰ ns		t =۱/۵۴۳ ns		t =۱/۲۱۳ ns	
ترکیب تیمارهای دبی ورودی	عمق جریان			y =۳/۱۷۰				y =۳/۱۷۰				y =۳/۱۷۰	
	میانگین			۱۶/۸۹۰	۱۹/۳۰۴			۱۸/۲۵۴	۲۰/۳۶۴			۳۳/۳۸۳	۳۵/۸۸۷
	واریانس			۳۲/۵۷۶	۲۷/۵۶۲			۲۶/۳۴۷	۲۷/۸۹۲			۱۳۶/۰۸۹	۱۵۶/۴۹۵
	t			t =۲/۸۸۷ ns				t =۲/۶۵۷ ns				t =۱/۳۵۷ ns	

توضیح: در این جدول، نتایج ستونی شامل میانگین، واریانس، مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌داری تفاوت‌ها است. y= عمق جریان بوده (سانتی‌متر) و **ns** = معنی‌دار نبودن تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.

دبی ورودی، کمتر متاثر بوده‌اند. حدود ۳۷/۵ درصد از نامتفاوت بودن مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری مربوط به عرض بالای جویچه، ۳۷/۵ درصد از آن مربوط به سطح مقطع جریان و ۲۵ درصد آن مربوط به پیرامون تر شده بود.

با اعمال میانگین عمق جریان در مقطع‌ها و میانگین عمق جریان حاصل ازکاربرد دبی‌های مختلف، میانگین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری, در درجویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی محاسبه شد. سپس, میانگین‌های به دست آمده با آزمون t مقایسه شد. نتیجه این مقایسه در جدول ۸ ارائه شده است. داده‌های جدول یاد شده نشان داد که تفاوت میانگین مقادیر عرض بالای جویچه و پیرامون تر شده در جویچه دارای دبی ورودی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در حالی که تفاوت یاد شده در دیگر حالت‌های تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری

بررسی تاثیر آبیاری با دبی‌های مختلف جریان بر روی پارامترهای هندسی جویچه نتایج زیر را به دست داده است:

۱- نتایج تحقیق حاضر نشان داد از مجموع ۴۴ مقطع اندازه‌گیری شده, در ۱۹ مورد (حدود ۴۳/۱۸ درصد) از آن، تغییر شکل هندسی در جویچه‌ها مشاهده شده که از این تعداد، در ۴ مورد آن (۹/۰۹ درصد از کل تعداد مقطع‌های مورد آزمایش) تغییر شکل از شکل مثلثی به ذوزنقه‌ای بود و تغییرات معنی‌دار به ویژه در ۲۵ متر سوم از جویچه دارای دبی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بوده و تغییر شکل به طور عمده، از شکل مثلثی به سهمی و از شکل سهمی به ذوزنقه‌ای بود.

۲- نتایج مقایسه میانگین پارامترها نشان داد که تفاوت میانگین مقادیر عرض بالای جویچه و پیرامون تر شده در جویچه دارای دبی ورودی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار بود ولی تفاوت میانگین مقادیر پارامترهای هندسی در درجویچه‌های با دبی‌های ۵۰ و ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار نبود.

۳- با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع, میانگین عمق جریان در مقطع‌ها و ترکیب تیمارها، در ۸۹ درصد موارد، بین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری و در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر، درجویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد

حداکثر دبی غیر فرسایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. نتایج حاصل مشابه نتایجی است که در تحقیق پیشین [۲] به دست آمده است.

توصیه و پیشنهاد

با توجه به این که کاربرد دبی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی حتی در میانگین مقادیر عرض بالای جویچه وپیرامون ترشده تفاوت معنی‌داری ایجاد نموده است واز سوی دیگر چون پیرامون تر شده از پارامترهای موثر در نفوذ پذیری است. بنا براین کاربرد دبی بیشتر از حداکثر دبی غیر فرسایشی موجب تغییر در مقدار نفوذ آب به جویچه شده وآن نیز احتمالا راندمان کاربرد آب را تحت تاثیر قرار خواهد داد. به نظر می‌رسد که عوامل چندی از جمله نوع خاک, دبی جریان، فشردگی بستر جریان، شیب زمین در میزان تغییرپذیری پارامترهای هندسی جویچه‌ها موثر باشند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در صورت امکان, بررسی‌هایی به منظور الگوبندی میزان تغییرات به صورت تابعی از متغیرهای یاد شده انجام گیرد. در حین انجام محاسبات, تفاوت‌هایی در مقادیر پارامترهای هندسی در مقطع‌های مختلف از طول جویچه مشاهده شد. مطالعه تغییرات مکانی پارامترهای هندسی مفید به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

۱. اشرفی، ش.، حیدری, ن. عباسی, ف. ۱۳۷۵. طراحی, ساخت و واسنجی فلومهای .W. S. C مجموعه مقالات دومین گنکره ملی مسایل آب و خاک کشور, ۲۷-۳۰ بهمن. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صفحه ۲۰۶-۲۱۶.

۲. قهرمان، ب. وهاشمی‌نیا، س. م. ۱۳۷۵. ارزیابی اثرات آبیاری جویچه‌ای به روش پیوسته و موجی بر روی شکل هندسی جویچه. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱۲ (۲): ۳-۱۳.

۳. مقدم، م. ۱۳۷۸. آمار مهندسی پیشرفته (جزوه درسی دوره دکترای علوم و مهندسی آبیاری)، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

۴. ناصری، ا. عباسی، ف. ۱۳۸۰. تعیین و ارزیابی ضریب زبری مانینگ در مزارع آبیاری. گزارش نهایی طرح ملی شماره ثبت ۱۱۸۵. شورای پژوهش‌های علمی کشور و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

5. Booher, L. J., 1974. Surface irrigation, F. A. O. Agricultural development, paper 95, Rome, Italy.
6. Cahoon, J. E., 1994. Defining furrow cross section. J. Irrig. Drain. Engrg., 1994. ASCE, 121 (1): 114-119.

7. Mostafazadeh, B. and W. R. Walker, 1987. Furrow geometry under surge and continuous flow, Iran Agric. Res., 6: 51-57.
8. Schmitz, G. H. and G. J. Seus. 1992. Mathematical zero-Inertia modeling of surface irrigation: Advance in furrows. . J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE, Vol. 118, No. 1, 1-18.
9. Trout, T. J. 1991. Furrow geometric parameters. J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE, 117(5): 613-634.