

بنام خدا

## تحلیل اقتصادی روشهای استحصال آب باران برای استفاده در کشاورزی (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی خراسان شمالی)

### Economical Evaluation for Using Rainwater Harvesting Methods in Agriculture (Case study: North Khorasan Natural Resources Research Center)

جواد طباطبایی یزدی: استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

Javad Tababaei Yazdi, Email: [tabatabaei\\_j@yahoo.com](mailto:tabatabaei_j@yahoo.com)

کامران داوری: عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

Kamran davari: [kamdav@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:kamdav@ferdowsi.um.ac.ir)

یحیی رؤف: کارشناس ارشد آبیاری، مدیر بخش خاک و آب اداره جهاد کشاورزی شهرستان بجنورد

Yahya Raoof, Email: [Raoof\\_y@yahoo.com](mailto:Raoof_y@yahoo.com)

#### چکیده

کشور ما از مناطق خشک کره زمین است و به جز حاشیه دریای خزر و دامنه کوه های البرز و زاگرس، اغلب دارای آب و هوای خشک با نزولات آسمانی اندک میباشد. استفاده از آب باران برای تامین آب آشامیدن انسانها و حیوانات و مصارف کشاورزی از قرنها پیش در مناطق خشک کشور رایج بوده است. بطور کلی مردم خاورمیانه به علت نیاز مبرم به آب همانطور که در سایر رشته های آبیاری از پیشروترین مردم جهان بوده اند، در استفاده از باران نیز از پیشگامان و مبتکرین محسوب می شده اند. سیستم های سطوح آبگیر باران این یکی از روش های مطرح در بهره برداری از آبهای به حساب نیامده نظیر آبیاری سیلابی، آبیاری با آب شور، استفاده مجدد از آب و سدهای زیر زمینی می باشد که مدتی است در کشور به فراموشی سپرده شده است. در این روش موضوع تامین، انتقال و بهره برداری به طور یکجا مورد نظر قرار گرفته و در جهت اهداف مختلف مانند زراعت دیم، درختکاری و یا جهت تامین آب شرب روستایی قابل استفاده است. با استفاده از این روش می توان آب مورد نیاز مناطقی که زمین کافی به صورت مرتع در اختیار دارند را تامین کرد و یا منابع آبی موجود آن مناطق را بهبود بخشید و در صورتی که بصورت فنی و اقتصادی به مورد اجرا گذاشته شود، ممکن است که بخشی از مشکلات ناشی از کم آبی در بخش کشاورزی و منابع طبیعی مناطق خشک و نیمه خشک کشور بر طرف می گردد. در این مقاله استفاده از سیستم های سطوح آبگیر باران جهت آبیاری تکمیلی کشت دیم برای دو محصول گندم و بادام در ایستگاه تحقیقات سیسب بجنورد، مورد ارزیابی قرار گرفته است. این منطقه که یکی از قطب های تحقیقات دیم کشور در شرق کشور می باشد، در ۳۵ کیلومتری شهرستان بجنورد و ۷ کیلومتری روستای سیسب، با میانگین بارندگی ۲۷۱٫۲ میلیمتر واقع شده است. جهت دستیابی به اهداف مورد نظر این تحقیق، با توجه به نیاز آبی گندم دیم و بادام و میزان بارندگی در محل، نمودارهایی برای انتخاب اقتصادی ترین ترکیب ابعاد مخزن، سطح آبگیر و سطح زیر کشت با توجه به ریسک قابل قبول ناشی از کم آبیاری با توجه به نوع پوشش سطح آبگیر ارائه گردیده است.

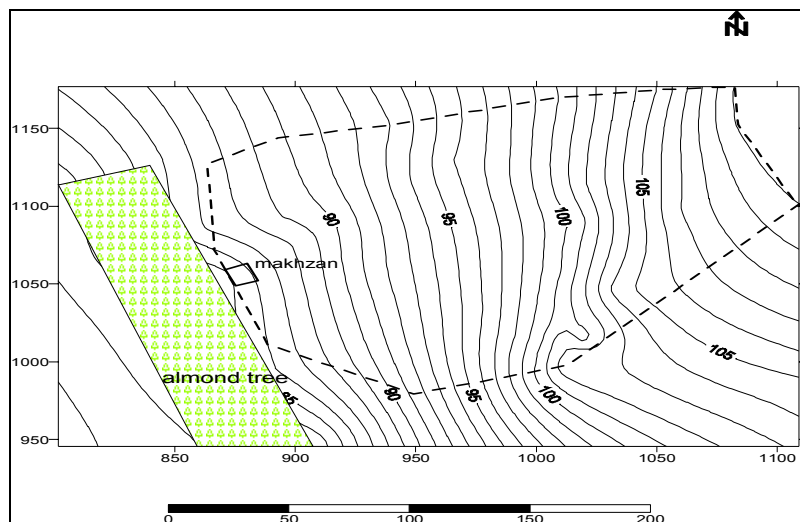
کلید واژه: استحصال آب باران، آبیاری تکمیلی، خشکی و خشکسالی، کشت دیم

کشور ایران به دلیل کم بودن ریزشهای جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. از طرفی به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش های کشاورزی و صنعت پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه است. تداوم افزایش میزان تقاضا برای آب باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد. افزایش این شکاف، توجه جدی به مبانی برنامه ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را ضروری می نماید.

سیستم های سطوح آبرگیر باران یکی از روشهای مدیریت و بهره برداری از آب باران میباشد که به کمک آن میتوان بر تولید رواناب حاصل از بارندگی تاثیر گذاشته و از آن بطور موثری در اراضی اطراف محل بارش باران استفاده نمود (Oweis و همکاران، ۲۰۰۱). در این روش مقداری از زمین های غیر قابل استفاده برای کشاورزان مورد بهسازی قرار گرفته و جهت جمع آوری باران اختصاص داده می شود. رواناب حاصل از این بخش از زمین که بصورت مدیریت شده جمع آوری و ذخیره سازی می گردد در اراضی مجاور و یا نزدیک محل جمع آوری (ترجیحا پایین دست) جهت آبیاری تکمیلی و یا سایر مصارف مورد نظر مورد استفاده قرار می گیرد. (علیزاده، کوچکی، ۱۳۶۵)

از بین محدود کارهای تحقیقاتی که در ایران تحت عنوان بهره برداری از آب باران انجام گرفته است می توان به کارهای چاووشی (۱۳۷۱) و جهان تیغ (۱۳۷۶) اشاره کرد که در آنها تنها به استفاده از نزولات در افزایش رطوبت خاک توجه شده است. سپاسخواه و کامکار حقیقی (۱۳۶۷) علاوه بر بررسی نحوه افزایش رطوبت در خاک، راندمان استحصال آب و افزایش محصول را نیز در کشتهای کوچک بررسی نموده و اثر بخش بودن آنرا مورد تایید قرار داده اند. هاشمیان و همکاران (۱۹۹۷) تحقیقاتی پیرامون جمع آوری آب از سطوح وسیع تر از مصرف تک گیاه (میکرو) نموده اند که در طی آن اقدام به ارزیابی کیفی عملکرد انواع پوشش های سطوح آبرگیر و نقش آنها در افزایش رواناب شده است. در تحقیق حاضر، استفاده از سیستم های سطوح آبرگیر باران در ابعاد بزرگ (ماکرو) برای آبیاری تکمیلی دو محصول استراتژیک گندم و بادام مورد مقایسه اقتصادی قرار گرفته است. برای محاسبه نسبت های سود به هزینه، قیمت های روز محل مورد مطالعه برای کلیه فعالیت های وابسته از زمان کاشت تا برداشت محصول در طول مدت عمر مفید پیش بینی شده برای اجزاء طرح، مبنای محاسبات قرار گرفته است. برای این منظور، کلیه مشخصات فنی اجزاء طرح شامل ترکیبات مختلف سطح آبرگیر، سطح زیر کشت، حجم مخزن و

درصد ریسک قابل قبول برآورد گردیده است و نتایج بصورت چارت‌های قابل استفاده در شرایط مشابه ارائه گردیده است.



شکل ۱: نقشه توپوگرافی محدوده جمع‌آوری آب و محل بهره‌برداری

### مشخصات محل مورد نظر

پهنه تحقیق مورد نظر در غرب ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی سیسب بجنورد و در اراضی شیبدار مشرف به باغ یک هکتاری بادام موجود با شیب حدود ۱۰٪ با نوع خاک لوم سیلتی به عنوان سطح آبگیر در نظر گرفته شده است. به منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای هواشناسی از آمار روزانه بارندگی در فاصله سالهای ۸۳-۶۷ اخذ شده از ایستگاه هواشناسی کلیماتولوژی موجود در ایستگاه تحقیقات دیم سیسب بجنورد استفاده شده است. بر اساس اطلاعات بدست آمده از این آمار، میتوان نتیجه گرفت که همانند نقاط دیگر استان از اوائل آبان تا اواسط اردیبهشت دوره مرطوب و بقیه سال جزء دوره خشک به حساب می‌آید. توزیع بارندگی در فصول مختلف سال شامل تابستان، بهار، پاییز و زمستان بترتیب برابر ۵٫۵٪، ۳۸٫۵٪، ۲۴٪ و ۳۲٪ میباشد. نوع کشت غالب ایستگاه تحقیقات سیسب که گندم دیم و بادام دیم می‌باشد که در این تحقیق نیز از همین دو گیاه استفاده گردید. گندم در طول رشد خود به ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر باران ( معادل ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر مکعب آب) نیازمند است. ریزش باران هنگامی برای این گیاه موثر خواهد بود که اولاً در طول فصل رشد گیاه صورت گیرد و ثانیاً توزیع مناسبی داشته باشد. در مورد درخت بادام، ممکن است رطوبت مورد نیاز تا اوایل خرداد، از باران مستقیم تا مین شود ولی بعد از

آن که بارندگی ها در اردیبهشت ماه متوقف می شوند (در فاصله خرداد تا شهریور ماه هر سال) این گیاه نیاز به حداقل یک تا دو نوبت آبیاری تکمیلی خواهد داشت.

### روش های افزایش رواناب

یکی از روش های افزایش رواناب که از نظر اقتصادی هزینه کمتری نسبت به سایر روش های غیر قابل نفوذ کردن خاک (نظیر قیرپاشی، خاک-سیمان، پارافین و پلاستیک) دارد، صرفاً تراکم کردن سطح آبگیر می باشد که تاثیر آن بستگی به ساختمان و بافت خاک محل سطح آبگیر دارد. روش دیگری که علاوه بر افزایش رواناب میتواند از رشد علف های هرز (که باعث کاهش تدریجی رواناب می شود) نیز جلوگیری کند، تثبیت با آهک میباشد. این نوع بهسازی سطح آبگیر بعد از روش تراکم معمولی، بسیار مقرون به صرفه است و در عین حال عمر مفید بیشتری در مقایسه با روش قبل است (Abu Zerig, M., 2001). واکنش پذیری خاک محل جهت تثبیت با آهک و همچنین تراکم پذیری آن با استفاده از آزمایشات مکانیک خاک مطابق با دستورالعمل ارائه شده در نشریه شماره ۲۶۷ سازمان مدیریت و برنامه ریزی گردید که در نتیجه آن رطوبت بهینه تراکم ۱۷٪ و حداقل مقدار اختلاط آهک با خاک ۷٪ تعیین شد.

### محاسبه رواناب

برای محاسبه رواناب از دو روش استدلالی و روش SCS استفاده شده است. نتایج نشان میدهد که برآورد رواناب از هر دو روش به هم نزدیک است (جدول ۱).

جدول ۱: ارتفاع رواناب برای سطوح تثبیت شده با آهک و تراکم معمولی بر اساس احتمال بارندگی ۵۰٪

ماه	دهه	میانگین باران	میانگین رواناب برای سطوح خاک متراکم تثبیت شده با آهک ۷٪		میانگین رواناب برای سطوح خاک متراکم بدون آهک	
			استدلالی	scs	استدلالی	Scs
فروردین	1	13.863	11.090	12.887	9.704	11.088
	2	11.456	9.165	10.650	8.019	9.163
	3	17.094	13.675	15.891	11.966	13.672
اردیبهشت	1	20.225	16.180	18.802	14.158	16.177
	2	18.694	14.955	17.379	13.086	14.952
	3	9.006	7.205	2.002	6.304	1.813
خرداد	1	5.113	4.090	1.137	3.579	1.029
	2	5.056	4.045	1.124	3.539	1.018
	3	4.019	3.215	0.893	2.813	0.809
تیر	1	1.756	1.405	0.390	1.229	0.354
	2	3.206	2.565	0.713	2.244	0.646
	3	1.988	1.590	0.442	1.391	0.400
مرداد	1	1.531	1.225	0.340	1.072	0.308
	2	1.056	0.845	0.235	0.739	0.213
	3	2.156	1.725	0.479	1.509	0.434
شهر یور	1	0.369	0.295	0.082	0.258	0.074
	2	1.413	1.130	0.314	0.989	0.284
	3	1.744	1.395	0.388	1.221	0.351
مهر	1	2.956	2.365	0.657	2.069	0.595
	2	3.563	2.850	0.792	2.494	0.717
	3	4.831	3.865	1.074	3.382	0.973
آبان	1	6.981	5.585	6.490	4.887	5.584
	2	12.281	9.825	11.417	8.597	9.823
	3	9.919	7.935	9.221	6.943	7.933
آذر	1	5.056	4.045	4.701	3.539	4.044
	2	8.988	7.190	8.355	6.291	7.189
	3	10.238	8.190	9.517	7.166	8.188
دی	1	6.031	4.825	5.607	4.222	4.824
	2	5.169	5.180	6.020	4.533	5.179
	3	10.750	8.600	9.994	7.525	8.598
بهمن	1	9.119	7.295	8.477	6.383	7.293
	2	9.806	7.845	9.116	6.864	7.843
	3	6.531	5.225	6.072	4.572	5.224
اسفند	1	8.600	6.880	7.995	6.020	6.879
	2	12.094	9.675	11.243	8.466	9.673
	3	18.551	14.841	17.246	12.986	14.838

## برآورد مخزن و سطح آبرگیر

یکی از مشکلات اصلی در طراحی یک سیستم مفید و اقتصادی جمع آوری آب، تعیین رابطه اندازه سطح جمع آوری با حجم منبع ذخیره می باشد. ترکیبات مختلفی از نظر مساحت آبرگیر و حجم منبع ذخیره جهت پاسخگویی به نیاز آبی مطرح می باشد. که از آن جمله امکان ساخت یک منبع ذخیره با حجم زیاد همراه با یک سطح آبرگیر نسبتاً کوچک است. این ترکیب در شرایطی مناسب است که بارندگی ها دارای شدت کم و مدت طولانی باشند. ترکیب دیگر می تواند انتخاب یک منبع ذخیره با حجم کم همراه با سطح آبرگیر وسیع باشد. این ترکیب حداکثر جمع آوری آب را برای بارندگی های کوتاه مدت به همراه خواهد داشت. (ریحانی، ۱۳۶۳). میتوان نتیجه گرفت که فرایند انتخاب یک ترکیب مناسب برای مساحت آبرگیر و سطح مخزن با توجه به تاثیر عمده آنها در هزینه های طرح، بایستی با توجه مشخصات بارندگی و تغییرات روزانه و یا حداکثر ماهانه نیاز آبی صورت گیرد. در این رابطه از روش عملکرد مخزن (reservoir operation) جهت تعیین حجم بهینه مخزن که مبتنی بر معادله بیلان (۱) می باشد، استفاده شده است.

$$\Delta S = I - O \quad (1)$$

که در آن  $\Delta S$  تغییرات مخزن در فاصله زمانی مورد نظر و  $I$  و  $O$  به ترتیب حجم آب ورودی به داخل مخزن (رواناب حاصل از بارندگی بر روی سطح آبرگیر) و خروجی از مخزن (نیاز آبی به اضافه تلفات آب) در همان فاصله زمانی می باشد.

## آنالیز اقتصادی

جهت برآورد اقتصادی طرح اقدام به طراحی اولیه کلیه اجزای طرح شامل سطح آبرگیر، مخزن ذخیره، نحوه کشت و روش آبیاری گردید. هزینه های مربوط به احداث سیستم و نگهداری آن و همچنین درآمد حاصل از فروش محصولات بر اساس قیمت های روز منطقه برآورد و با اعمال ضرائب مربوط به سود بانکی همگی به زمان حال تبدیل و مورد مقایسه قرار گرفته اند. هزینه نهاده ها و عملیات کشاورزی بر اساس تعرفه های سازمان جهاد کشاورزی و عرف محل تعیین شده و عمر مفید پروژه ۲۰ سال در نظر گرفته شده است. برای نگهداری گزینه متراکم ساختن سطح آبرگیر، به فاصله هر دو سال، آبیاری و کوبیدن مجدد در نظر گرفته شده است در حالیکه این زمان برای گزینه تثبیت با آهک، هر ۵ سال یکبار می باشد. در محاسبه سود مربوط به فروش محصول بادام، با توجه

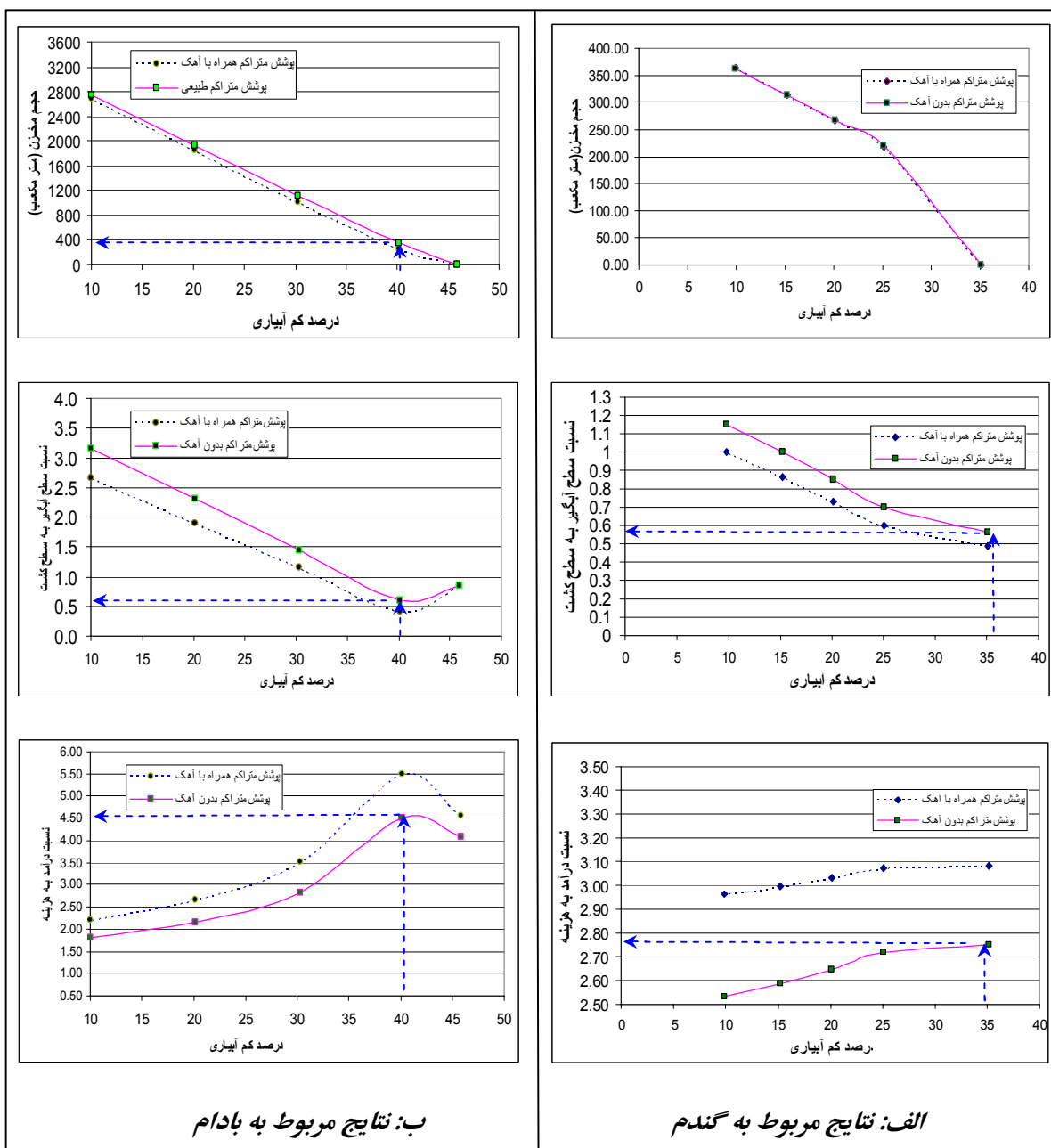
به زمان بازدهی، در ۵ سال اول طرح هیچگونه محصولی منظور نشده است. میزان کاهش درآمد ناشی از کم آبیاری بصورت ساده زیر در آنالیز قیمت‌ها منظور شده است:

درآمد کاهش یافته = درآمد حاصل از آبیاری کامل  $\times$  درصد کاهش محصول ناشی از کم آبیاری

## نتایج

منحنی‌های نشان داده شده در شکل ۲، رابطه بین ریسک کم آبیاری را با درآمد، سطح آبگیر، سطح زیر کشت و حجم مخزن برای دو نوع گیاه مورد نظر نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای نشان داده شده در شکل ۲ میتوان نتیجه گرفت:

- ۱- نسبت درآمد به هزینه در گزینه تثبیت با آهک همواره بیشتر از حالتی است که از تراکم تنها استفاده شود.
- ۲- در مقایسه بین دو روش تثبیت با آهک و زمین طبیعی متراکم شده، برای کلیه سطوح ریسک مورد انتظار، در صورت استفاده از روش تثبیت با آهک بجای تراکم معمولی، مساحت آبگیر مورد نیاز کمتر خواهد بود
- ۳- حداکثر بازدهی سیستم‌های سطوح آبگیر پیش‌بینی شده برای گیاه بادام در سطح ریسک حدود ۴۰٪ بدست می‌آید.
- ۴- در مورد محصول گندم، نتایج نشان می‌دهد در صورت قبول ریسک کم آبیاری حدود ۳۵٪، بدون استفاده از مخزن ذخیره، حداکثر بازدهی سیستم حاصل می‌گردد. در این حالت تنها باید با توجه به نسبت سطح آبگیر مورد نیاز به سطح کشت، رواناب حاصل از سطح آبگیر را بطور مستقیم به داخل زمین کشت شده هدایت نمود. علت اینکه ممکن است بتوان در هنگام استفاده از گیاه گندم، از ساخت مخزن صرف نظر نمود، این است که زمان وقوع بارندگی‌ها با زمان نیاز گیاه تطابق بیشتری (در مقایسه با بادام) دارد.
- ۴- برای دو محصول گندم و بادام با افزایش کم آبیاری، حجم مخزن و سطح آبگیر به نحو چشمگیری کاهش می‌یابد و لذا میتوان گفت که انتخاب ریسک کم آبیاری تاثیر عمده‌ای در اقتصادی بودن طرح خواهد داشت.



شکل ۲: رابطه بین درآمد به هزینه با نسبت سطح آبگیر به سطح زیر کشت و حجم مخزن با توجه به ریسک ناشی از کم آبیاری برای دو نوع گیاه گندم و بادام دیم

## پیشنهادات

با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات موضوع این مقاله میتوان پیشنهاد نمود که در منطقه مورد مطالعه، برای کشت‌های یکساله نظیر گندم در صورت قبول ریسک مربوطه، میتوان از روش سیسنم‌های سطوح آبرگیر کوچک استفاده نمود. در مورد گیاهان نظیر بادام که در تابستان نیاز به آبیاری دارند، استفاده از سطوح آبرگیر بزرگ که در آن مخزن ذخیره مناسب پیش‌بینی شده باشد اجتناب ناپذیر میباشد.

## فهرست منابع

- علیزاده، ا. و ع. کوچکی، ۱۳۶۵. اصول زراعت در مناطق خشک. انتشارات آستان قدس.
- چاووشی، س. ۱۳۷۱. بررسی دو روش ذخیره نزولات آسمانی کنتور فارو و پیتینگ و شناخت تاثیر آنها در وضعیت پوشش گیاهی، گزارش طرح تحقیقاتی در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- جهان تیغ، م. ۱۳۷۶. تعیین میزان کارایی متداولترین سیستم های ذخیره نزولات آسمانی، گزارش طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- سپاسخواه، ع. و ع. ا. کامکار حقیقی، ۱۳۶۷. مطالعه سیستم جمع آوری هزارآب باران برای دیمکاری انگور، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی شماره ۱۸-۲۹۷-AG-۶۰ دانشگاه شیراز.
- ریحانی، م. ۱۳۶۳، جمع آوری آب باران برای استفاده دام، وحوش و انسان نشریه شماره یک سر جنگلکاری کل استان خراسان، بهمن ماه.

مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۲. دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها، نشریه شماره ۲۶۸ سازمان

Abu-Zerig, M. 2001. Rainfall harvesting from protected catchment areas, Proc. Of 10<sup>th</sup> Int. Conf. on Rainwater Catchment Systems, Germany.

Oweis, T. et al, 2001. Water harvesting, Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments. ICARDA.