

مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد چهارم، شماره اول، ۱۳۹۵
۹۱-۱۰۲
www.jcri.ir

تابع تولید رقم‌های گلستان و ارمغان در کشت تاخیری کلزا- پنبه

برهان سهرابی^۱

^۱موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۲۰

چکیده

با گسترش کشت کلزا در سال‌های اخیر، موسسه تحقیقات پنبه کشور مطالعه ارقام مناسب پنبه برای کشت بعد از کلزا را در دستور کار خود قرار داده است. در این راستا تعیین ارقام زودرس با عملکرد بالا و کیفیت الیاف مناسب در اولویت قرار دارد. با توجه به اینکه پنبه به عنوان یک گیاه نورپسند و گرمادوست، فرصت کمی جهت تکمیل دوره رشد خود و تولید محصول در کشت‌های تاخیری دارد. بنابراین سوای انتخاب رقم زودرس، کلید اصلی موفقیت زراعت پنبه در کشت‌های تاخیری، مدیریت صحیح مزرعه و به ویژه مدیریت آبیاری آن است. ایجاد تعادل بین رشد رویشی و رشد زایشی با مدیریت آبیاری در کشت کلزا-پنبه بسیار ضروری است. با توجه به اینکه تابع تولید یا رابطه آب-عملکرد شاخص برای بهینه سازی مصرف آب در زراعت پنبه می باشد، بدیهی است تابع تولید ارقام دیرکاشت با کاشت معمول پنبه، تفاوت خواهد داشت. برای تعیین تابع تولید رقم‌های ارمغان و گلستان در کشت دوم پنبه، آزمایش‌ها در ایستگاه تحقیقات هاشم آباد گرگان در زمینی به ابعاد ۴۰×۵۰ متر با روش آبیاری بارانی خطی انجام شد. قطعه مورد نظر به شبکه ۳×۳ متر تقسیم شده و مقدار آب، با استقرار سه پایه و قوطی جمع آوری آب در وسط هر قطعه اندازه گیری شد. در این پژوهش رابطه آب - عملکرد رقم ارمغان و گلستان در کشت دوم به ترتیب به صورت $Y_w = -9478.3 + 16.887w - 0.0053w^2$ و $Y_w = -3135.9 + 7.6932w - 0.0021w^2$ پیش‌بینی می‌شود. بر اساس تابع تولید بدست آمده حداکثر عملکرد ارقام ارمغان و گلستان به ترتیب با مصرف ۱۷۳۹ و ۱۸۳۲ مترمکعب آب در هکتار به مقدار ۳۹۰۹ و ۳۹۷۳ کیلوگرم در هکتار و بدست می‌آید.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، کم آبیاری، رقم زودرس، تنش آبی، رابطه آب-عملکرد

مقدمه

با توجه به حمایت دولت از محصولات رقیب پنبه مثل گندم و کلزا از نظر قیمت خرید تضمینی، پشتیبانی نهاده ای و مکانیزاسیون، سطح کشت پنبه در کشور به تدریج کاهش یافته و از دوران اوج خود (۳۴۰ هزار هکتار در سال ۱۳۵۲) به حدود ۷۰ هزار هکتار در سال ۱۳۹۴ رسیده است. طبق آمار سال ۱۳۹۰ وزارت جهاد کشاورزی سطح کشت غلات و کلزا آبی کشور بیش از ۲/۵ میلیون هکتار است که پس از برداشت، سطح قابل توجهی از آن بلااستفاده باقی می ماند. اراضی مذکور پتانسیل خوبی برای کشت پنبه دارند. اگر فقط ۱۰ درصد از زمین‌های آبی مذکور به کشت پنبه اختصاص یابد، سطح زیر کشت پنبه به دوران اوج خود باز خواهد گشت. اما ارقام پنبه موجود در کشور به دلیل دوره رشد طولانی، شرایط مناسبی برای کشت تاخیری ندارند. لذا موسسه تحقیقات پنبه کشور در کنار تلاش برای کاهش هزینه تولید (با توسعه مکانیزاسیون کشاورزی)، با شناسایی ارقام زودرس (با عملکرد مناسب در کشت دوم)، به حفظ جایگاه پنبه کمک نموده و مانع حذف آن از تناوب زراعی گردد. به همین دلیل طرحی با ۱۱ پروژه تحقیقاتی برای دستیابی به ارقام زودرس و مدیریت زراعی مناسب در کشت دوم تعریف و توسط پژوهشگران بخش‌های مختلف تحقیقاتی موسسه تحقیقات پنبه کشور اجرا گردید (سهرابی ۲۰۱۳).

در سال‌های اخیر به دلایل مختلف سطح کشت پنبه در کشور کاهش یافته است که عامل اصلی آن را ظهور محصولات رقیب از جمله کلزا می کنند. چون پنبه دارای دوره رشد نسبتاً طولانی است، رقم‌های تجاری موجود برای کاشت پس از برداشت کلزا، چندان مناسب نیستند. به همین دلیل موسسه تحقیقات پنبه از میان ارقام موجود در بانک ژن، چند رقم زودرس را انتخاب و تحت مطالعات تکمیلی قرار داده است. در نهایت رقم‌های گلستان و ارمغان از گونه *Gossypium hirsutum* L. به عنوان ارقام زودرس مناسب معرفی شده اند. این رقم‌ها دارای عملکرد خوب در کشت‌های معمول و کشت دوم پس از برداشت غلات و کلزا بوده و دوره رشد آن حدود ۱۳۰ روز است. لذا قبل از شروع سرمای پاییزه، محصول برداشت شده و زمین برای کشت بعدی آزاد می گردد.

کاشفی پور و همکاران (۲۰۰۶) در خصوص رابطه آب - عملکرد رقم سای اکرا در گرگان در آبیاری به روش بارانی مطالعاتی انجام دادند. مقدار آب آبیاری بر اساس ۱۲۰، ۱۰۰، ۷۰، ۴۰ و ۰ درصد تبخیر از تشت تبخیر کلاس آ محاسبه گردید. بر اساس نتایج این پژوهش دو ساله حداکثر عملکرد و ش با مصرف ۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار حاصل می شود. تابع تولید نشان داد که در صورت محدودیت آب آبیاری مقدار بهینه مصرف آب ۳۴۶۰ و در غیر این صورت ۴۳۰۰ مترمکعب در هکتار است.

انگلیش و همکاران (۱۹۹۶) الگوریتمی را جهت بهینه سازی آب در شرایط محدودیت آب و یا محدودیت زمین ارائه کردند. در این الگوریتم تابع تولید درجه دو و تابع هزینه درجه یک است:

$$Y_W = a_1 + b_1 W + c_1 W^2$$

$$C_w = a_2 + b_2 W$$

Y_W = عملکرد در واحد سطح به‌عنوان تابعی از آب مصرفی برحسب کیلوگرم در هکتار
 W = حجم آب مصرفی در واحد سطح بر حسب مترمکعب در هکتار
 a, b, c = ضرایب تجربی معادله

در برخورد با کمبود آب، کشاورزان از کم آبیاری برای گذر از بحران استفاده می‌کنند. با افزایش بحران آب، روش‌های نوین آبیاری نیز در خدمت بخش کشاورزی قرار گرفتند. در آمریکا برای کمک به پنبه کاران، توانایی موبایل‌های هوشمند به کار گرفته شد. در این روش، بر مبنای دستورالعمل فائو ۵۶ مدلی برای تلفن‌های هوشمند تهیه شد که قادر به برآورد مقدار آب قابل دسترس در عمق توسعه ریشه و اعلام زمان آبیاری به کشاورز است (ولیدیس و همکاران ۲۰۱۴).

قربانی و همکاران (۱۳۸۳) نیز بدون بررسی اقتصادی (تعیین تابع هزینه) تابع تولید ارقام ساحل، سپید و ۳۱۲-۸۱۸ در کشت اول را به صورت زیر گزارش کردند:

$Y_W = -1.379 W^2 + 147.51 W - 988.72$	رقم ساحل
$Y_W = -2.2603 W^2 + 216.29 W - 1626.1$	رقم سای اکرا
$Y_W = -1.7575 W^2 + 167.79 W - 1086$	رقم ۳۱۲-۸۱۸

در مقاله حسین و همکاران (۲۰۱۱) تابع تولید پنبه به صورت زیر گزارش شد:

$Y_W = -0.01 W^2 + 19.8 W - 3290$	سال ۲۰۰۷
$Y_W = -0.01 W^2 + 18.4 W - 2945$	سال ۲۰۰۸

تابع تولید فوق بر حسب کیلوگرم در هکتار و ش به ازای هر میلی متر آب مصرفی از چهار سطح آب آبیاری (۴۰۸ تا ۷۷۳ میلی متر) به دست آمد. کارایی مصرف آب پنبه استرالیا در یک دهه گذشته، با ۴۰ درصد افزایش به سه کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی رسیده است. افزایش محصول مدیون اصلاح ارقام پنبه و بهبود مدیریت زراعی بوده است (راس و همکاران ۲۰۱۳). چاکرابورتی و همکاران (۲۰۰۲) برای ارزیابی فنی رشد پنبه از تابع‌های تولید استوکاستیک و غیر استوکاستیک استفاده کردند. ایلماز و اوزکان (۲۰۰۴) نیز برای بررسی اثر مزارع اجاره‌ای روی تولید پنبه با استفاده از تابع تولید مطالعه کردند. آنان اطلاعات مورد نیاز را از پرسشنامه‌های تکمیل شده ۶۴ پنبه کار استخراج کردند. نتایج بدست آمده از تابع تولید نشان داد که سیستم اجاره مزرعه تأثیری در عملکرد ندارد.

وانجورا و همکاران (۲۰۰۲) براساس نتایج یک پژوهش ۱۲ ساله، حداکثر عملکرد پنبه در تگزاس را با مصرف ۷۴۰ میلی‌متر آب گزارش کردند. با کاهش ۲۰ درصدی مقدار آب آبیاری، عملکرد تنها ۳

درصد کاهش می‌یابد. او رابطه الیاف تولیدی (L_Y) با مقدار آب آبیاری (I) و کل آب مصرفی (با احتساب بارندگی T_W) بر حسب سانتی‌متر را بصورت زیر بدست آورد (وانجورا و همکاران ۲۰۰۴):

$$L_Y = 511 + 21.3I \quad R^2=0.48$$

$$L_Y = -185 + 20.0T_W \quad R^2=0.82$$

در این پژوهش رابطه آب و عملکرد دو رقم گلستان و ارمغان در کشت دوم بعد از برداشت کلزا تعیین شد. از نتایج این تحقیق می‌توان برای کشت‌های تاخیری رقم‌های فوق استفاده نمود. در این شرایط عملیات کاشت از اواسط خرداد شروع می‌شود.

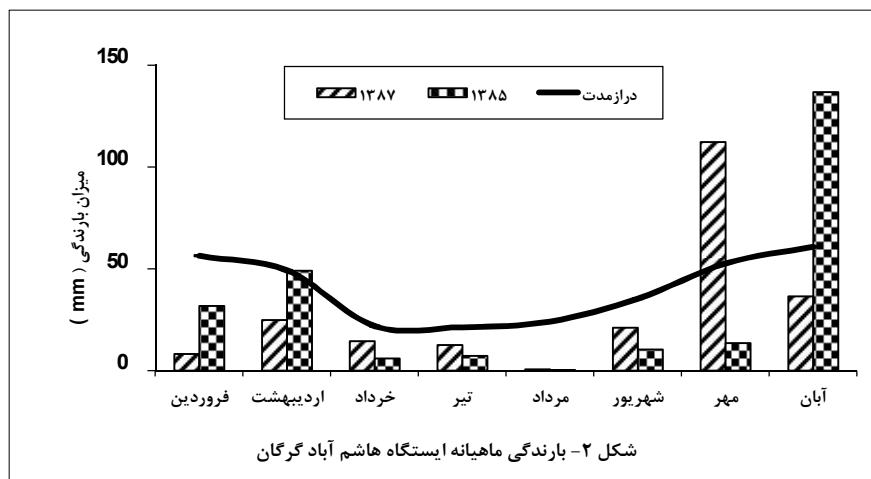
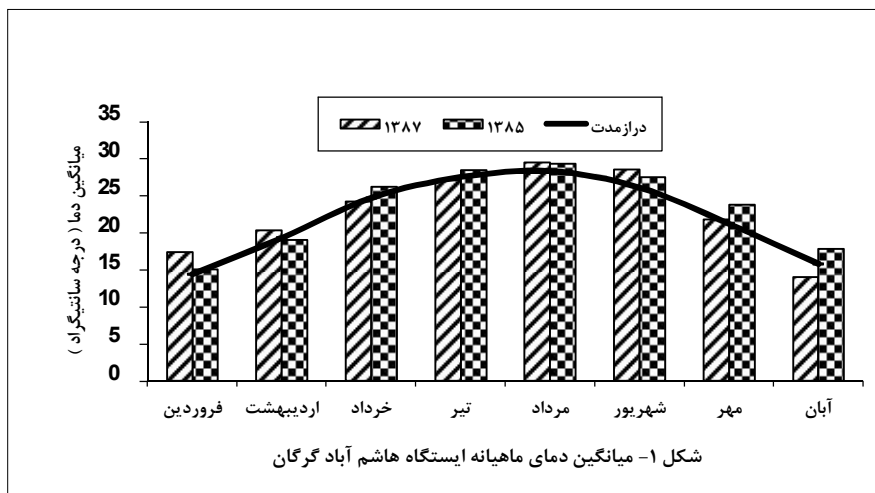
مواد و روش‌ها

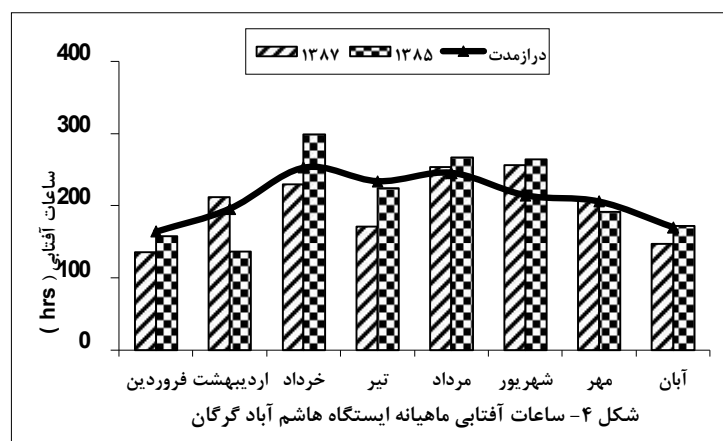
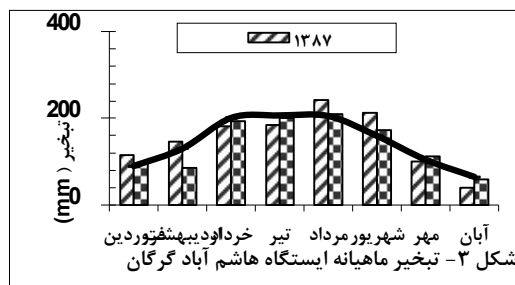
این پژوهش به مدت چهار سال زراعی در ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم‌آباد گرگان انجام شد. اما به دلیل بروز مشکل، نتایج دو سال گزارش می‌شود. زمین مورد نظر پس از برداشت کلزا آبیاری شده و با جوانه زنی بذر کلزاهای ریزش کرده، زمین شخم و با دیسک آماده کشت گردید. بذر کرکدار رقم گلستان و ارمغان با تراکم کاشت 20×80 سانتی‌متر در پنج خط ۴۰ متری با ردیفکار پشت تراکتوری در تاریخ‌های $85/3/17$ و $87/4/4$ کشت گردید. آبیاری با استفاده از سیستم بارانی کلاسیک یا لترال تک شاخه ای (line source) انجام شد. پس از جوانه زنی بذرها و نمایان شدن ردیف‌های کاشت، قطعه آزمایشی به شبکه‌های 3×4 متری (پنج ردیف کاشت) تقسیم شده و در وسط هر شبکه یک سه پایه با قوطی جمع آوری آب مستقر گردید. تا آب ناشی از آبیاری لترال (با چهار آبپاش) مستقر در وسط قطعه آزمایشی و عمود بر ردیف‌های کاشت قابل اندازه‌گیری باشد. پس از هر آبیاری، آب جمع شده در هر قوطی توسط استوانه مدرج اندازه‌گیری و زیر همان سه پایه ریخته شد. لذا مقدار آب اندازه‌گیری شده را می‌توان معادل آب دریافتی توسط کرت‌های متناظر در نظر گرفت. سایر اطلاعات مورد نیاز از سه خط میانی هر رقم و شبکه جمع آوری گردید و یک خط از طرفین بعنوان خط حاشیه کنار گذاشته شد. در طول سال عملیات زراعی طبق عرف ایستگاه و بر اساس توصیه بخش‌های تخصصی انجام شده و نیاز کودی بر اساس آزمون خاک تعیین و به خاک اضافه شد. در نهایت محصول سه خط میانی هر رقم برداشت شده و عمق آب آبیاری دریافت شده نظیر آن در تعیین تابع تولید مورد استفاده قرار گرفت. به دلیل مشکلات اجرایی پروژه دو سال تمدید و چهار ساله اجرا شد. اما یک سال به دلیل سطح سبز نامطلوب و سال دیگر به دلیل سرقت محصول، نتیجه مطلوب بدست نیامد. اطلاعات خاک ایستگاه در جدول زیر آمده است:

جدول ۱: مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک ایستگاه هاشم آباد

عمق	EC *10 ³	pH	کربن الی	N %	P ppm	K ppm	Clay %	Silt %	Sand %	بافت خاک
۰-۲۵	۰/۸۴	۸/۳	۱/۱۸	۰/۱۵	۱۴/۴	۵۲۶	۲۸	۶۸	۴	SCL
۲۵-۵۰	۰/۷۷	۷/۸	۱/۰۵	۰/۱۴	۸/۶	۴۵۰	۳۲	۶۲	۶	SCL

اطلاعات هواشناسی سال‌های انجام آزمایش در شکل‌های زیر نشان داده شده است:





بحث و نتیجه‌گیری

تابع تولید رابطه مقدار آب مصرفی با عملکرد کل وش را نشان می دهد. بر اساس تجربیات موجود، تابع درجه دو برای نمایش رابطه آب - عملکرد پنبه، تابع مناسبی است. با این حال در این پژوهش، همبستگی معادله درجه دو و سه به فرم‌های $Y_w = c + bw + aw^2$ و $Y_w = d + cw + bw^2 + aw^3$ بر داده‌های ثبت شده کنترل شده است. در نهایت تابع درجه دو به دلیل سادگی و سهولت انجام

محاسبات به‌عنوان تابع تولید قابل توصیه، اعلام می‌گردد. شکل تابع مذکور در گراف‌های یک و دو نمایش داده شده است:

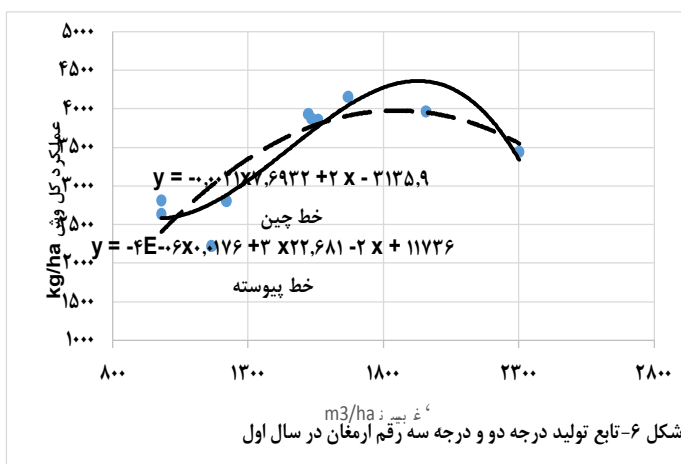
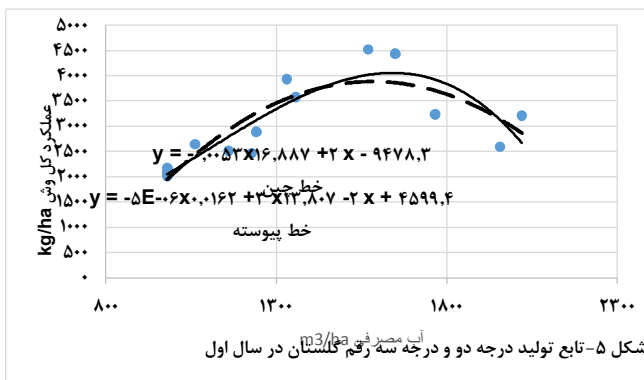
$Y_w = -9478.3 + 16.887w - 0.0053w^2$	$R^2 = 0.72$	رقم گلستان
$Y_w = 4599.4 - 13.807w + 0.0162w^2 - 0.000005w^3$	$R^2 = 0.75$	رقم گلستان
$Y_w = -3135.9 + 7.6932w - 0.0021w^2$	$R^2 = 0.75$	رقم ارمغان
$Y_w = 11736 - 22.681w + 0.0176w^2 - 0.000004w^3$	$R^2 = 0.85$	رقم ارمغان

که در آن:

$$Y_w = \text{عملکرد در واحد سطح بعنوان تابعی از آب مصرفی برحسب کیلو گرم در هکتار}$$

$$W = \text{حجم آب مصرفی در واحد سطح بر حسب مترمکعب در هکتار}$$

منحنی درجه دو ترسیم شده شکل نرمال تابع تولید را به نمایش گذاشته است. این منحنی دارای سه شاخه صعودی، حداکثر و نزولی است. منحنی تابع تولید با شیب زیاد شروع شده و به تدریج با افزایش مصرف آب از شیب آن کاسته می‌شود. با مصرف آب بیشتر در مزرعه، کاهش شیب منحنی ادامه می‌یابد تا اینکه به نقطه عطف و اوج خود رسیده و وارد فاز نزولی گردد. در صورت کنترل سایر عوامل خسارت را نظیر خسارت آفات یا خسارت ناشی از تاخیر در کاشت، نقطه اوج منحنی نشان دهنده حداکثر عملکرد در مقابل مصرف مقدار معینی آب است. با توجه به تابع به دست آمده می‌توان ادعا نمود که آبیاری حتی به میزان اندک در شرایط تنش یا کم آبی نقش برجسته تری در افزایش عملکرد نسبت به آبیاری کامل مزرعه پنبه دارد. به همین دلیل آبیاری تکمیلی مزارع دیم پنبه یا مناطق کم آب مورد تاکید است. بر اساس تابع تولید، حداکثر محصول از رقم گلستان به میزان ۳۹۷۳ کیلو گرم در هکتار با مصرف مقدار ۱۶۰۰ مترمکعب در هکتار آب و رقم ارمغان به میزان ۳۹۰۰ کیلو گرم در هکتار با مصرف مقدار ۱۸۰۰ مترمکعب در هکتار قابل انتظار است. در تعیین تابع تولید، مقدار آب مصرفی، ذخیره رطوبتی خاک و مقدار باران موثر نیز لحاظ شده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود، مقدار آب مصرفی در کشت تاخیری حدود نصف مقدار مورد نیاز در کشت‌های عادی پنبه است. در مطالعات محققان ترکیه نیز بیشترین عملکرد از مصرف ۸۰۰-۶۰۰ میلی‌متر آب گزارش شده است (انلو و همکاران، ۲۰۱۱، کرم و همکاران، ۲۰۰۶؛ داغدن و همکاران، ۲۰۰۹؛ کانگ و همکاران، ۲۰۱۲).



در سال دوم اجرای پروژه، تابع تولید ارقام گلستان و ارمغان به صورت زیر تعیین گردید:

$$Y_w = -1045.7 + 0.7496w - 0.000006w^2 \quad \begin{matrix} R^2 = 0.88 \\ R^2 = 0.93 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{رقم گلستان} \\ \text{رقم گلستان} \end{matrix}$$

$Y_w = 8109.8 - 10.911w + 0.0048w^2 - 0.0000006w^3$		رقم گلستان
$Y_w = -1341.8 + 1.1534w - 0.00007w^2$	$R^2 = 0.83$	رقم ارمغان
$Y_w = 658.1 - 1.3195w + 0.0009w^2 - 0.0000001w^3$	$R^2 = 0.83$	رقم ارمغان

تابع تولید در سال دوم بخوبی دامنه مورد انتظار را پوشش نداد. به همین دلیل تابع درجه دو صعودی بنظر می رسد. در این شرایط برآزش منحنی درجه سه یا تابع نمایی، بهتر می تواند تابع تولید را به نمایش گذارد. اوندرو همکاران (۲۰۰۹) نیز تابع تولید پنبه مربوط به دو سال پژوهش خود را به صورت زیر گزارش کردند:

$Y_c = 0.024(I)^2 + 22.09(I) - 1832.7$	$R^2 = 0.98$	سال ۲۰۰۳
$Y_c = 0.048(I)^2 + 43.81(I) - 4651.7$	$R^2 = 0.93$	سال ۲۰۰۴

اوندرو همکاران (۲۰۰۹) تبخیر و تعرق فصلی سال اول ۵۷۹-۴۱۰ میلی متر و در سال دوم ۶۵۲-۵۴۹ میلی متر گزارش کردند. تفاوت ضریب معادله تابع تولید در سال های مختلف توسط محققان دیگر از جمله حسین و همکاران (۲۰۱۱) و قربانی (۱۳۹۴) نیز گزارش شده است. داغدن و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعات دوساله خود به دلیل تغییر شرایط حاکم بر اجرای آزمایش، اطلاعات ثبت شده طی دو سال را تلفیق و تابع تولید را به صورت $Y=6.5127W+900.59$ گزارش کرد. در حالی که میزان بارندگی در سال اول ۱۴/۵ و در سال دوم اجرای آزمایش ۹۱/۴ میلی متر بود. مقدار آب مصرفی در مزرعه پنبه در سال اول ۷۶۰-۲۶۳ و در سال دوم ۷۴۵-۲۶۶ میلی متر بود. تغییر جزیی مقدار آب مصرفی برای تعیین تابع تولید ناشی از تفاوت اقلیمی دو سال اعلام شد. به این ترتیب تفاوت ضرایب تابع تولید پنبه در سال های مختلف عادی است. لذا برای افزایش دقت و جمع آوری داده های کافی آزمایش های بیشتر توصیه می شود. به دلیل تغییر سرعت و جهت باد در سال دوم نیز داده های جمع آوری شده برای رسم منحنی آب- عملکرد کافی نبود. از طرف دیگر تصمیم گیری در مورد انجام آبیاری، مقدار آب مصرفی یا سطح کم آبیاری مستلزم توجه به تاریخ کاشت، رقم، مرحله رشد، میزان تناسب بین رشد رویشی با زایشی، مقدار و کیفیت آب آبیاری است. به همین دلیل شکل تابع تولید گزارش شده توسط محققان مختلف حتی برای یک منطقه جغرافیایی و رقم مشخص، در سال های مختلف یکسان نیست (قربانی، ۱۳۹۴). لذا تکرار آزمایش ها و جمع آوری داده برای سال ها و شرایط مختلف محیطی، بهترین راه برای دستیابی به تابع تولید مناسب است. در این حالت کشاورز یا کارشناس قادر به انتخاب تابع مناسب، متناسب با شرایط حاکم بر مزرعه پنبه خواهد بود. بنا براین توجه به شرایط حاکم بر استخراج تابع تولید بسیار حایز اهمیت است. تابع تولید معرفی شده در این پژوهش نیز به عنوان ابزاری جهت مدیریت آبیاری، صرفا برای کشت دوم ارقام گلستان و ارمغان در استان گلستان قابل استفاده است. نتیجه پژوهش محققان مختلف نیز حاکی از دقت خوب تابع درجه

دو برای تخمین آب-عملکرد پنبه است (قربانی، ۱۳۹۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). در ارزیابی معادلات خطی ساده، خطی لگاریتمی، معادله درجه دو و تابع متعالی برای رقم‌های ورامین و خرداد در بیرجند توسط نجفی و همکاران (۱۳۹۰) نیز معادله درجه دو به عنوان تابع برتر اعلام شد. تابع متعالی، خطی لگاریتمی و خطی ساده در رتبه‌های دوم تا چهارم جای گرفتند.

آبیاری مزرعه بلافاصله بعد از برداشت کلزا (هیرم کاری پنبه) و ضد عفونی بذر پنبه در زمان کاشت نقش تاثیر گذاری در ایجاد مزرعه یک دست با تراکم بوته مناسب دارد. در صورت عدم آبیاری، بذرها ریزش کرده کلزا، جوانه زده و با شخم مزرعه علف‌های هرز از جمله جوانه‌های کلزا براحتی کنترل می‌گردد. در غیر اینصورت بوته‌های کلزا در نقش علف هرز، در مزرعه پنبه غالب شده و آسیب شدیدی به سبز یکنواخت بذر پنبه و تشکیل مزرعه یک دست وارد می‌سازد. ریزش دانه‌های کلزا در هنگام برداشت با کمباین به قدری زیاد است که در صورت عدم کنترل و ظهور بوته‌های کلزا در مزرعه پنبه، وجین دستی یا ماشینی مزرعه به سختی و با هزینه زیاد امکان پذیر است. زیرا به دلیل کوچکی بوته‌های پنبه، استفاده از ادوات کشاورزی برای حذف بوته ای ناخواسته موجود در مزرعه باعث انتقال خاک روی بوته‌های جوان پنبه و خسارت به مزرعه به کشاورز می‌شود. وجین دستی نیز وقت گیر و پر هزینه اما با خسارت کمتر خواهد بود. ضد عفونی بذر پنبه در کشت دوم بعد از کلزا نیز اهمیت زیادی دارد. در غیر این صورت بوته‌های پنبه با حمله شدید بیماری‌ها را بین خواهند رفت.

تشکر و قدردانی

از موسسه تحقیقات پنبه کشور و ایستگاه تحقیقات پنبه‌هاشم آباد گرگان به ویژه تکنسین‌های این پروژه تحقیقاتی آقایان جعفر عرب و اسماعیل توسلی سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Chakraborty, K., Misra, S., and Johnson, Ph. 2002. Cotton Farmers' Technical Efficiency: Stochastic and Nonstochastic Production Function Approaches. *Agricultural and Resource Economics Review* 31/2 (October 2002): 211-220.
2. Dağdelen, N., Başal, H., Yılmaz, E., Gurbuz, T. and Akçay, S. 2009. Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. *Agricultural Water Management*. 96: 111-120.
3. English, M.J. and Raja, S.N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*. 32: 1-14.
4. Ghorbani, Gh. 2004. The effect of water deficit on quantity and quality of cotton cultivars and determination of yield function. *Agricultural Research, Education and Extension Organization, Final Report*.pp31.

5. Ghorbani, Gh. 2015. The evaluation of yield and yield components in three cotton cultivars by sprinkler irrigation. Iranian Journal of Cotton Researches (AREEO), 3:1.
6. Hussein, F., Janat, M. and Yakoub, A. 2011. Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 35:6. 611-621.
7. Kang, Y., Wang, R., Wan, Sh., Hu, W., Jiang, Sh. and Liu, Sh. 2012. Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in an arid region with saline ground water of Northwest China. Agricultural Water Management. 109. 117–126.
8. Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Daccache, A., Mounzer, O. and Roupael, Y. 2006. Water use and lint yield response of drip irrigated cotton to the length of irrigation season. Agricultural Water Management. 85: 287–295.
9. Kashefipour, S.M., Broomand, S. and Sohrabi, B. 2006. Optimization of water productivity using production and cost functions for Cotton. Journal of Agronomy, 5:1. 28-31
10. Najafi Mood, M.H., Alizadeh, A., Davari, K., Kafi, M. and Shahidi, A. 2012. Determination of Water–Salinity Production Function for Two Cotton Cultivars. Journal of Water and Soil. 26(3): 672-679.
11. Onder, D., Akiscan, Y., Onder, S. and Mert, M. 2009. Effect of different irrigation water level on cotton yield and yield components. African Journal of Biotechnology. 8(8): 1536-1544.
12. Roth G, Harris G, Gillies M., Montgomery J. and Wigginton D. 2013. Water-use efficiency and productivity trends in Australian irrigated cotton: a review. Crop & Pasture Science. 64:11-12. 1033–1048.
13. Sohrabi, B. 2013. Agronomical management of double crop Cotton. Cotton Research Institute of Iran (CRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Final Report. pp 221
14. Ünü, M., Kanber, R., Koc, D.L., Tekin, S., and Kapur, B. 2011. Effects of deficit irrigation on the yield and yield components of drip irrigated cotton in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 98: 597–605.
15. Vellidis G., Liakos V., Perry C., Tucker M., Collins G., Snider J., Andreis J., Migliaccio K., Fraisse C., Morgan K., Rowland D., and Barnes E. 2014. A Smartphone app for scheduling irrigation on cotton. 2014 Beltwide Cotton Conference, USA.
16. Wang, R., Kang, Y., and Wan, Sh. 2007. Effects of different drip irrigation regimes on saline–sodic soil nutrients and cotton yield in an arid region of Northwest China. Agricultural Water Management. 153: 1–8.
17. Wanjura, D.F., Upchurch, D.R. and Mahan, J.R. 2004. Establishing differential irrigation levels using temperature-time thresholds. Applied Engineering in Agriculture, 20(2): 201-206.

18. Wanjura, D.F., Upchurch, D.R., Mahan, J.R. and Burke, J.J. 2002. Cotton yield and applied water relationships under drip Irrigation. *Agricultural Water Management*. 55:3. 217-237.
19. Yilmaz, B. and Ozkan, B. 2004. Econometric Analysis of Land Tenure Systems in Cotton production in Turkey. *International Journal of Agriculture and Biology*. 6(6): 1023-1025.