معرفی بهترین تابع تولید لوبیا چشم بلبلی با سطوح مختلف آبیاری بر اساس شاخص‌های آماری

عباس ملکی*[۱]، نگار اثنی‌عشری[۲] ، افسانه عالی‌نژادیان[۳]

۱و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ۳- استادیار گروه مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی - دانشگاه لرستان

چکیده

با توجه به قرار گرفتن کشور ما در مناطق خشک و نیمه خشک و اختصاص بیشترین سهم آب کشور به بخش کشاورزی، استفاده بهینه از مقدار آب موجود، راه حل بسیاری از مشکلات خواهد بود. در همین راستا، به منظور معرفی بهترین تابع تولید در کشت لوبیا چشم بلبلی ، تحقیقی در سال زراعی ۹۴-۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. تیمارهای مورد استفاده جهت آبیاری شامل: T_1 ، T_2 ، T_3 ، T_4 و T_5 به ترتیب برابر با ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی بود. نتایج نشان داد تابع تولید درجه دوم که کم‌ترین مقدار ریشه مربعات خطای استاندار (RMSE) و ریشه مربعات خطای استاندار نرمال شده (NRMSE) و بیش‌ترین مقدار ضریب همبستگی(r) و ضریب تعیین (R^2) را دارا بود، برای لوبیا چشم بلبلی به عنوان تابع تولید بهینه معرفی شد.

کلید واژه‌ها: تابع تولید، لوبیا چشم بلبلی، سطوح مختلف آبیاری، شاخص‌های آماری.

مقدمه

در اکثر نقاط دنیا آب عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است. باتوجه به محدودیت کمی و کیفی منابع آب و نیاز روزافزون به تولید مواد غذایی، اهمیت بهره‌برداری بهینه از این منابع نمایان خواهد شد (Harremoes, 2002). با توجه به مسئله خشکسالی در ایران، استفاده بهینه از منابع آب و خاک امری لازم و ضروری است. توجه به امر آبیاری در زراعت آبی یکی از روش‌های مهم برای نیل به این هدف است. بنابراین اعمال مدیریت صحیح آبیاری به‌خصوص در روش‌های سطحی ضروری است. کم‌آبیاری مدیریتی است که در آن گیاهان به مقدار کمتری از حداکثر آب مصرفی دسترسی پیدا می‌کنند و نتیجتاً مقداری از محصول کاهش خواهد یافت ولی در مصرف آب صرفه‌جویی شده و حداکثر سود خالص حاصل می‌شود (شایان نژاد، ۱۳۸۹). هنکس و رتا در سال ۱۹۸۰ رابطه‌ای خطی بین مقدار آب مصرفی و عملکرد دانه و کل محصول خشک تولید شده در کشت ذرت و یونجه را ارایه کردند. انگلیش و جیمز در سال ۱۹۹۰ گندم را تحت آبیاری سنتر پیوت به‌مدت ۹ سال کشت کردند و نتیجه گرفتند که تابع تولید درجه دوم است. اورگاز و همکاران در سال ۱۹۹۲ در تحقیقات خود با اعمال کم‌آبیاری تغییرات مقدار عملکرد پنبه نسبت به تبخیر- تعرق و مقدار آب آبیاری را بر روی چهار رقم پنبه مورد مطالعه قرار داده و رابطه خطی بین عملکرد و تبخیر- تعرق و رابطه غیر خطی بین عملکرد و مقدار آب آبیاری را ارائه دادند. وانجورا و همکاران در سال ۲۰۰۲ به بررسی روابط آب مصرفی- عملکرد تحت اعمال کم‌آبیاری روی محصول پنبه پرداختند که بر اساس نتایج این تحقیق روابط به‌دست آمده به صورت خطی بودند.

مشعل و همکاران در سال ۱۳۸۷ طی پژوهشی اثرات کم‌آبیاری بر توابع تولید و هزینه گیاه ذرت از رقم سینگل کراس ۷۰۴ را مورد بررسی قرار دادند. تیمارها نسبت به درصد نیاز آبی گیاه با افزایش‌های ده درصدی از صفر تا ۱۲۰ درصد نیاز آبی انجام گرفت. تابع تولید به صورت یک منحنی درجه دوم و تابع هزینه به صورت یک معادله خطی به‌دست‌آمد.

با توجه به ارزش گیاه لوبیا در تغذیه انسان و همچنین سطح وسیع زیر کشت این محصول در استان لرستان که ۱۰ درصد از تولید لوبیای کشوری را به خود اختصاص داده، این استان را در جایگاه بالایی در تولید لوبیای کشوری قرار داده است. بنابراین با توجه به

بحث بهینه سازی منابع آب و همچنین باتوجه به اینکه در مورد محصول انتخابی، تحقیقات زیادی انجام نشده است لذا هدف از این پژوهش معرفی بهترین تابع تولید لوبیا چشم بلبلی با سطوح مختلف آبیاری بر اساس شاخص های آماری در منطقه خرم‌آباد است.

مواد و روش‌ها

با توجه به مسئله خشکسالی در کشور، استفاده بهینه از منابع آب و خاک امری لازم و ضروری است. به همین منظور پژوهشی با عنوان معرفی بهترین تابع تولید لوبیا چشم بلبلی با سطوح مختلف آبیاری بر اساس شاخص های آماری در سال زراعی ۹۴-۹۳، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان اجرا شد. این منطقه در شمال غربی شهرستان خرم آباد در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی واقع شده‌است. که جزو مناطق نیمه خشک سرد محسوب می‌شود و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۵۰ متر می‌باشد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از اجرای آزمایش ۸ نمونه تصادفی به صورت زیکزاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت و پس از تهیه نمونه مرکب به آزمایشگاه خاک منتقل شد. نتایج حاصل از آزمایش‌های خاکشناسی محل مورد نظر برای اجرای طرح به قرار جدول (۱) و (۲) است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه

وزن مخصوص ظاهری خاک(ρ_b) ($gr/cm3$)	رطوبت ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)	رطوبت نقطه پژمردگی گیاه (درصد وزنی)	Sand%	Silt%	Clay%	بافت خاک
۱/۳	۲۱	۱۰	۳۳/۸۴	۴۲/۷۲	۲۳/۴۴	لومی

جدول ۲- مشخصات شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه خاک (cm)	اسیدیته PH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	ازت قابل جذب (درصد)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	کربن مواد آلی (درصد)	آهک (درصد)
۰-۳۰	۷/۶	۰/۷۱	۰/۲۷	۸	۳۹۰	۰/۵۵	۳۷/۵

همچنین مشخصات شیمیایی آب آبیاری، بعد از نمونه‌گیری و انتقال به آزمایشگاه به قرار جدول (۳) است.

جدول ۳- مشخصات شیمیایی آب آبیاری

اسیدیته PH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	TDS (meq/lit)	Ca (meq/lit)	Mg (meq/lit)	Na (meq/lit)	SAR $(meq/lit)^{0.5}$
۶/۹۷	۰/۶۲۱	۳۹۷	۴/۶	۱/۶	۱/۲۸	۰/۷۲۷

طرح آزمایشی مورد استفاده

این تحقیق به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با پنج تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده جهت آبیاری شامل T_1 : ۱۲۰ درصد نیاز آبی، T_2: ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل)، T_3: ۸۰ درصد نیاز آبی ، T_4: ۶۰ درصد نیاز آبی، T_5: ۴۰ درصد نیاز آبی بود.

عملیات زراعی و نحوه اجرای طرح

آماده‌سازی زمین و عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح، و ایجاد جوی و پشته در نیمه دوم اردیبهشت ماه و آزمایشات بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی انجام گردید. ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۲/۵ متر (۷/۵ متر مربع) و شامل ۴ ردیف کاشت به فواصل ۵۰ سانتی‌متر در هر کرت آماده گردید. عملیات کاشت، آبیاری و وجین علف‌های هرز با دست انجام گرفت. پس از استقرار گیاهچه‌ها در مرحله ۴ برگی، بوته‌ها تنک و به یک بوته در هر نقطه کاشت تقلیل یافت. دو هفته بعد از کاشت، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و مقدار ۴۳/۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره بر اساس آزمون خاک و میزان نیاز گیاه به زمین داده شد. به منظور تعیین میزان آب مورد نیاز گیاه با استفاده از آمار هواشناسی (آمار ۳۰ ساله) و فرمول پنمن-مانتیث میزان تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0) در منطقه توسط نرم افزار Cropwat محاسبه و با اعمال ضریب گیاهی (KC)، تبخیر تعرق واقعی گیاه به دست آمد. سپس با توجه به تبخیر تعرق واقعی و مقدار عمق خالص آبیاری، دور آبیاری از رابطه(۱) تعیین گردید:

$$f = \frac{d_n}{ET_{max}} \qquad (۱)$$

f = دور آبیاری(day) ، d_n = عمق خالص آبیاری(mm) ، ET_{max} = ماکزیمم تبخیر تعرق واقعی ($^{mm}/_{day}$)

اولین کم‌آبیاری در هفته دوم خرداد ماه با دور آبیاری ۵ روز اعمال شد که قبل از هر آبیاری مقدار رطوبت خاک در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی اندازه‌گیری شد و مقدار درصد رطوبت اولیه خاک، عمق خالص آبیاری و حجم آب داده شده به آن از روابط (۲) و (۳) و (۴) محاسبه گردید:

$$\theta_{\text{قبل از آبیاری}} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_2} \qquad (۲)$$

در این معادله، θ_1 = وزن مرطوب نمونه خاک (gr) ، θ_2 = وزن خشک نمونه خاک (gr) است.

$$d_n = (FC - \theta_{\text{قبل از آبیاری}}) \times D \times \rho_b \qquad (۳)$$

در این معادله، FC= رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت مزرعه (٪) ، θ = رطوبت خاک قبل از آبیاری (٪) ، D= عمق توسعه ریشه (cm) ، ρ_b = وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3) است.

$$V = A \times d_n \qquad (۴)$$

در این معادله، V = حجم آب داده شده به هر کرت ، A = مساحت کرت است.

در آخر حجم آب آبیاری تیمارها با اعمال ضرایب مربوط به سطوح آبیاری (۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۲) در حجم آب آبیاری تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، محاسبه و آبیاری کلیه تیمارها توسط کنتور حجمی با دقت ۰/۱ لیتر به طور همزمان انجام شد.

تابع تولید

برای برنامه‌ریزی آبیاری و تعیین حجم‌های آب آبیاری در شرایط مختلف، نیاز است تا رابطه آب مصرفی-عملکرد (تابع تولید) مشخص گردد. با تعیین ضرایب تولید آب می‌توان در شرایط کمبود آب و یا زیاد بودن آب مقادیر بهینه حجم آب آبیاری را برآورد نمود که با توجه به نتایج آزمایش مزرعه‌ای با برازش منحنی (رگرسیون) بین عملکرد و آب مصرفی، تابع تولید به صورت فرم‌های مختلف بر اساس مقادیر متفاوت آب کاربردی و عملکرد دانه برآورد گردید.

برای مقایسه آماری بین نتایج توابع تولید مختلف از شاخص‌های آماری RMSE، NRMSE، r و R^2 به شرح زیر استفاده شد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum(X_i - Y_i)^2} \qquad (۵)$$

RMSE= ریشه مربعات خطای استاندارد، n=تعداد داده‌ها، X_i= داده‌های اندازه‌گیری شده، Y_i= داده‌های تخمین زده شده به وسیله مدل

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\bar{X}} \quad (۶)$$

NRMSE= ریشه مربعات خطای استاندارد نرمال شده، $\bar{X}$= میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2}} \quad (۷)$$

r = ضریب همبستگی پیرسون ، $\bar{Y}$= میانگین داده‌های تخمین زده شده به وسیله مدل

$$r = \pm\sqrt{R^2} \rightarrow R^2 = r^2 \quad (۸)$$

R^2 = ضریب تعیین (تشخیص)

پس از محاسبه شاخص‌های آماری برای هر کدام از توابع تولید، تابعی که کم‌ترین مقدار ریشه مربعات خطای استاندارد(RMSE) و ریشه مربعات خطای استاندارد نرمال شده(NRMSE) و بیش‌ترین مقدار ضریب همبستگی پیرسون(r) و ضریب تعیین یا ضریب تشخیص(R^2) را دارا می‌باشد، به عنوان بهترین تابع تولید انتخاب می‌گردد.

محاسبات آماری

پس از برداشت محصول نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزارهای آماری مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

با استفاده از میانگین مقادیر حجم آب کاربردی در طول فصل رشد و میانگین عملکرد کل هر تیمار طبق جدول (۴) تابع تولید محصول را با توجه به توابع مختلف رسم کرده و معادله توابع را با برازش منحنی(رگرسیون) به دست آوردیم که در آن $y(w)$ مقدار عملکرد کل بر حسب کیلوگرم در هکتار و w مقدار آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار می‌باشد.

جدول۴- حجم آب کاربردی در هر هکتار در طول فصل رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی

تیمار	عملکرد دانه (kg/ha)	حجم آب مصرفی (m^3/ha)
T_1	۲۶۸۱/۵۹	۶۸۴۵
T_2	۲۵۵۸/۷۷	۵۷۲۷
T_3	۲۴۵۸/۷۷	۴۶۰۸
T_4	۱۶۷۸/۴۳	۳۴۸۹
T_5	۱۰۵۵/۲۳	۲۳۷۱

همچنین برای مقایسه آماری بین نتایج توابع تولید مختلف از شاخص‌های آماری ریشه مربعات خطای استاندارد(RMSE)، ریشه مربعات خطای استاندارد(NRMSE)، ضریب همبستگی(r) و ضریب تعیین یا ضریب تشخیص(R^2) مطابق جدول (۵) استفاده شد.

جدول ۵- مقایسه آماری بین نتایج توابع تولید مختلف

تابع	خطی درجه یک	منحنی درجه دو	نمایی
فرم تابع	y=0.3695x+384.06	y=-0.0001 x^2+1.2538x-1413.2	y=1621.6 Ln(x)-11486
RMSE	218	141	143
NRMSE	0.1045	0.0676	0.0684
r	0.94	0.99	0.97
R^2	0.8779	0.9816	0.9476

در نهایت تابعی که کم‌ترین مقدار ریشه مربعات خطای استاندار (RMSE) و ریشه مربعات خطای استاندار نرمال شده (NRMSE) و بیش‌ترین مقدار ضریب همبستگی(r) و ضریب تعیین (R^2) را دارا باشد، به عنوان بهترین تابع تولید برای لوبیا چشم بلبلی انتخاب می‌گردد که با توجه به جدول(۵)، فرم تابع تولید به صورت منحنی درجه دو انتخاب می‌گردد، که به شرح زیر خواهد بود:

$$Y = -0.0001\,W^2 + 1.2538\,W - 1413.2 \qquad R^2 = 0.9816 \qquad (۹)$$

در همین زمینه لی و همکاران در سال ۲۰۰۵ جهت بهینه‌سازی مصرف آب برای گندم، توابع درجه دوم را بین عملکرد دانه و تبخیر و تعرق و همچنین بین عملکرد دانه و بازده مصرف آب معرفی نمودند. همچنین محمدی و همکاران در سال ۱۳۸۹ تابع درجه دوم را برای گوجه‌فرنگی به عنوان تابع بهینه معرفی کردند.

منابع

شایان نژاد، م. ۱۳۸۹. تأثیر کم‌آبیاری بر روی خواص کمی گندم و تعیین عمق آب مصرفی بهینه آن در شهرکرد. فصل‌نامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. سال اول. شماره ۲. ۱۳ص.

محمدی، م. لیاقت، ع. مولوی، ح. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی مصرف آب و تعیین ضرایب حساسیت گوجه‌فرنگی در شرایط توأمان تنش شوری و خشکی در منطقه کرج. مجله آب و خاک. ۲۴(۳): ۵۹۲-۵۸۳.

مشعل، م. وراوی‌پور، م. سادات نوری، ا. زارع زیرک، ا. ۱۳۸۷. بهینه سازی عمق آب‌مصرفی ذرت با کم‌آبیاری (مطالعه موردی: دشت ورامین). ۱۳۳-۱۲۳.

English, M. James, L. 1990. Deficit irrigation II: Observations in Columbia basin, ASCE, J. of Irrigation and Drainage Engineering, 16(3): 413-426.

Hanks, R. J and Reta, A. 1980. Corn and alfalfa production as influenced by limited Irrigation: *Irrigation Science*, 1,135-147.

Harremoes, P. 2002. Water ethics: a substitute for over-regulation of a scarce resource. J.Water Sci. Technol. 45(8):45-113.

Li, J. Inanaga, S. Li, Z. Eneji, E. 2005. Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain, Agric. Water Management, 76:8–23.

Orgaz, F. Mateas, L. Fereres, E. 1992. Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. Agron J 65: 464-467.

Wanjura DF, Upcharch DR, Mahan JR and Burke JJ, 2002. Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. Agric Water Manage 55: 217-237.

Introducing the best cowpea production function with different irrigation levels based on statistical indicators

A. maleki[1], N. asnaashari[2], A. aalinejadiyan[3]

1- Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture – University of Lorestan,2-Graduate student irrigation and drainage, Faculty of Agriculture – University of Lorestan, 3-Soil Engineering Department, Faculty of Agriculture – University of Lorestan

Abstract

With the inclusion of our country in the arid and semiarid and water accounted for the largest share of the country ,s agricultural sector, more efficient use of available water, the solution will be a lot of problems. In this regard, in order to introduce the best function in the cultivation of cowpea production, research in the crop year 93-94 in a randomized complete block design with five treatments and four replications was conducted at the Agricultural Research Station of Lorestan university. The treatments for irrigation include: T_1, T_2, T3, T4 and T_5 water requirement was 120, 100, 80, 60 and 40% respectively. The results of this research also produced the second grade, the lowest the square root of the standard error (RMSE), and square root of the normalized standard error (NRMSE) and had the highest correlation coefficient and had the highest correlation coefficient(r) and coefficient of determination (R^2), for cowpea as optimal production function was introduced.

Keywords: production function, cowpea, different irrigation levels, statistical indicators.