تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای (رقم NS) و تعیین عمق بهینه آبیاری آن در شرایط کمبود آب

سجاد حیدری سورشجانی[1*]، محمد شایان‌نژاد[1]، مسعود نادری[1] و بیژن حقیقتی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۷)

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکردکمی و کیفی و تعیین عمق بهینه آبیاری ذرت علوفه‌ای در منطقه شهرکرد، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار شامل ۴۰، ۵۵، ۷۰، ۸۵، ۱۰۰، ۱۱۵ و ۱۳۰ درصد کمبود رطوبت خاک در۳ تکرار به‌روش آبیاری جویچه‌ای انجام شد. تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب، درصد ماده خشک، ارتفاع و قطر میانه ساقه و قطر، طول و وزن بلال معنی‌دار بود. سطوح مختلف آب آبیاری تأثیر معنی‌داری روی درصد پروتئین و درصد روغن دانه نداشت، اما تأثیرش بر درصد فیبر بوته معنی‌دار بود. با افزایش عمق آبیاری میزان، طول ساقه، وزن بلال و درصد فیبر بوته افزایش یافت. کمترین و بیشترین عملکرد ذرت به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل به‌ترتیب برابر با ۴۳/۱ و ۸۸/۱ تن در هکتار بود. بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری مصرف آب نسبت به عملکرد محصول تازه، به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۵۵ و۱۳۰درصد آبیاری کامل و به‌ترتیب برابر ۱۶/۱۷ و ۱۰/۱ کیلوگرم در مترمکعب بود. نتایج آنالیز اقتصادی نشان داد که عمق آب مصرفی بهینه برای ذرت علوفه‌ای در شهرکرد ۵۸۲/۵ میلی‌متر می‌باشد که معادل ۸۶ درصد عمق آبیاری کامل است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، تابع تولید، خواص کمی وکیفی، سطوح مختلف آب آبیاری، عمق بهینه آبیاری

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد

*:مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: s_heidari24@yahoo.com

مقدمه

محدودیت منابع آب شیرین وکاهش روزافزون آن به‌دلیل افزایش جمعیت جهان و به تبع آن فعالیت‌هایی که در جهت پاسخ‌گویی به نیازهای این جمعیت صورت می‌گیرد، درآینده نه‌چندان دور انسان را با چالش بزرگی به‌نام کم‌آبی روبه‌رو خواهد ساخت. و افزایش فعالیت‌های صنعتی، ازدیاد گازهای گلخانه‌ای موجود در جو و پدیده تغییراقلیم، سبب تغییر شکل و کاهش نزولات جوی شده و افزایش تقاضای آب سبب کاهش ذخایر آب، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است. به‌دلیل توزیع نامتوازن جمعیت، آب شیرین و ثروت در جهان، تقسیم متعادل و مساوی منابع آب مشکل است (۲۱) . حدود ۱۸ درصد از مردم دنیا به آب‌های سالم دسترسی ندارند (۲۴). طبق تحقیقات انجام شده برای تولید مواد غذایی مورد نیاز جمعیت ایران در دو دهه آینده، تمام منابع آب زیرزمینی و سطحی مصرف شده و کشور با کمبود آب مواجه خواهد شد (۱۱) و تنها در سایه "تولید بیشتر محصول به ازای هر واحد آب مصرفی در واحد سطح" مصرف بهینه آب امکان‌پذیر است. برنامه‌ریزی برای استفاده هر چه بهتر از منابع آب، امری اجتناب ناپذیر است و روش‌های کم آبیاری، از جمله روش‌های آبیاری با دیدگاه افزایش تولید به‌ازای واحد مصرف آب، می‌بایست در اولویت امور تحقیقاتی در بخش کشاورزی قرار گیرد (۲۰). علی رقم جایگاه بارز گیاهان علوفه‌ای در کشور و نقش این گیاهان در امنیت غذایی و به‌خصوص تولید پروتئین و فرآورده های دامی، امروزه همچنان کمبود تولید این گیاهان در کشور وجود دارد (۵). بر طبق آمار رسمی فائو ایران در سال ۲۰۰۸ میلادی حدود ۲۹۷۱۰۳۰ تن ذرت به ارزش ۷۲۰۵۱۸ هزار دلار وارد کرده است که نشان دهنده نیاز بالای کشور به این علوفه است (۹). گیاهانی مانند ذرت علوفه‌ای از جمله گیاهان گروه C_4 هستند که جهت تولید علوفه به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند (۵). علوفه ذرت به‌دلیل عملکرد بالا، مواد غذایی مناسب، امکان آسان سیلو شدن و ترکیب با مواد غذایی دیگر، یکی از مهم‌ترین علوفه های مورد استفاده در صنعت دامپروری است (۲۲).

در چند دهۀ أخیر با مشاهده عینی کمبود آب در بسیاری از مناطق جهان و به‌خصوص ایران، بسیاری از محققین مطالعات خود را به‌سوی روش‌های صرفه‌جویی و ذخیره آب معطوف ساخته‌اند. آکتم (۲۳) ارتباط بین میزان آب و عملکرد و کیفیت محصول ذرت را، تحت کم‌آبیاری، طی دو سال متوالی در سنلیورفای ترکیه مطالعه کرد. تیمارهای آبیاری در این مطالعه نسبت به آبیاری کامل شامل: ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ کاهش آب از تشتک تبخیر کلاس A بودند. در هر دو سال بیشترین و کمترین عملکرد به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و ۳۰٪ کاهش آب از تشتک به‌دست آمد. بیشترین بهره‌وری مصرف آب با مقادیر ۱/۳۳ و ۱/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار ۱۰٪ کاهش آب از تشتک و کمترین آن با مقادیر ۱/۱۸ و ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار ۳۰٪ کاهش آب از سطح تشتک تبخیر به‌دست آمد. بالاترین میزان شاخص سطح برگ برای آبیاری کامل به‌دست آمد، درحالی که کمترین آن برای تیمار ۳۰٪ حاصل شد. در مورد پارامترهای کیفی هرچند مقدار پروتئین افزایش یافت، اما مقادیر آهن، روی و مس مطابق با افزایش تنش آب کاهش یافتند.

مشعل و همکاران (۱۵) طی پژوهشی اثرات کم‌آبیاری بر توابع تولید و هزینه گیاه ذرت از رقم سینگل کراس ۷۰۴ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) بیشترین عملکرد محصول در واحد سطح و به‌میزان ۷۷۳۶۰ کیلوگرم در هکتار را به همراه داشت. علاوه بر آن بیشترین درآمد ناخالص، مربوط به تیمار با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، و بیشترین درآمد خالص مربوط به تیمار با کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب نسبت به حالت آبیاری کامل به‌دست آمد.

عامر (۱۷) اثر سطوح مختلف آبیاری را روی گیاه ذرت، در قالب طرح اسپلیت پلات تصادفی در ۵ سطح آبیاری ET ۰/۶، ET ۰/۸، ET۱، ET۱/۲، و ET ۱/۴ که نسبتی از تبخیر تعرق گیاه هستند در منوفیای مصر بررسی کرد. نتایج نشان داد که

کمترین و بیشترین عملکرد به‌ترتیب متعلق بـه ET ۶/ ۰ و ۱ET بود و بالاترین و پایین‌ترین شاخص سطح برگ به‌ترتیب متعلـق به سطوح ET ۱/۴ و ET ۶/ ۰ بود.

دجامان (۱۸) در لینکالن نبرسکا تحقیقـات گسـترده‌ای روی گیـاه ذرت انجـام داده کـه ازجملـه آنهـا: کـم‌آبیـاری، مقایسـه روش‌های مختلف آبیاری در تولید ذرت،کم‌آبیـاری روی ارقـام مختلف ذرت با ضرایب گیاهی متفاوت، تأثیر ریـزمغـذی‌هـا در کم‌آبیاری وغیره می‌باشند. ایشان طی دو سال متـوالی بـا اعمـال کم‌آبیاری روی ذرت دانه‌ای و بـا در نظـر گـرفتن چهـار تیمـار ۱۰۰٪، ۷۵٪، ۶۰٪، ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و یک تیمار بدون آبیاری، بیان کرد میزان تولید دانه در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ ٪) تقریبـاً مشابه تیمار ۷۵٪ بوده ولـی نسـبت بـه دو تیمـار ۶۰٪ ، ۵۰٪ و تیمار بـدون آبیـاری بـه‌طـور معنـی‌داری بیشـتر بـود. بیشـترین بهره‌وری مصرف آب در سال ۲۰۰۹ مربوط به تیمـار ۶۰٪ و در سال ۲۰۱۰ متعلق به تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه بود. اهمیت تولید ذرت و محدودیت منـابع آب در ایـران و جهـان بـر هـیچ‌کـس پوشیده نیست. تغییـر اقلـیم و خشکسـالی در شـهرکرد موجـب تغییر شکل و کاهش نزولات جوی شده و سطح آب زیرزمینـی افت زیادی داشته است. از طرفی گیـاه ذرت علوفـه‌ای بـه‌طـور وسیعی در این منطقه کشت می‌شود، بنابراین انجام ایـن تحقیـق ضروری به‌نظر می‌رسد؛ بـه‌خصـوص کـه در مـورد رقـم ذرت انتخاب شده، در این منطقه تحقیقات زیادی انجام نشـده اسـت. هدف از انجام این تحقیـق تعیـین تـابع تولیـد ذرت علوفـه‌ای, بررسی تأثیر کم‌آبیاری و بیش آبیـاری بـر عملکـرد و بهـره‌وری مصرف آب و تعیین عمق آب مصرفی بهینه با توجه به عملکـرد کیفی و بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای در منطقه شـهرکرد است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در زمینی به مساحت ۶۰۰ مترمربع بـه‌روش آبیـاری جویچه‌ای روی ذرت علوفه‌ای رقم NS در محل مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد انجام شـد. مرکـز تحقیقـات شـهرکرد در ۸ کیلومتری شهرکرد و در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی قرار دارد و به‌لحاظ توپوگرافی در بخش شمالی رشته کـوه زاگـرس قـرار گرفته است. ارتفاع این مرکز ۲۰۶۰ متر از سطح دریا مـی‌باشـد. میانگین بلند مدت دمـای سـالیانه محـل آزمـایش ۱۱/۸ درجـه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه ۳۲۱/۵ میلـی‌متـر مـی‌باشـد. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی آمبرژه، نیمه‌خشک سرد می‌باشـد (۳) . خصوصیات خاک زراعی و آب آبیاری محل تحقیق که از چاه تأمین می‌شد در جداول (۱، ۲ و ۳) ارائه شده‌اند.

این تحقیق در قالب طرح بلـوک‌هـای کامـل تصـادفی در ۷ تیمار با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو تیمار آبیاری بـیش از حد ۱۱۵ و۱۳۰ درصد کمبود رطوبت خاک، تیمارآبیاری‌کامل (۱۰۰ درصد کمبود رطوبت خاک) و چهار تیمارکم‌آبیـاری ۴۰، ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درصد کمبود رطوبت خاک، در نظـر گرفتـه شـد. دلیل انتخاب این تیمارها به‌دست آوردن شکل کامل‌تری از تـابع تولید و تعیین دقیق‌ترعمق بهینه آب مصرفی بود. بنـابراین بـرای اجرای طرح ۲۱ پلات ایجاد گردید. ابعاد هر پلات ۴×۳ متـر و فاصله بین آنها یک متر منظور گردید.

محاسبات برنامه‌ریزی آبیاری و عملیات زراعی

۱. عمق و حجم آبیاری با استفاده از داده‌هـای هواشناسـی بلنـد مدت منطقه و استفاده از روش فائو-پنمن- مونتیث معادلـه (۱) میزان تبخیر- تعرق گیاه در فاصله بین دو آبیـاری بـرای هـر دو محصول محاسبه شد (۲).

$$ET_c = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \left[\frac{900}{T+273}\right]U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \qquad [1]$$

ET_c تبخیر- تعرق مرجع (mm/day)، R_n تـابش خـالص در سطح پوشـش گیـاهی $(MJm^{-2}d^{-1})$، Tمتوسـط دمـای هـوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (C^0)، U_2 متوسط سـرعت بـاد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمـین (m/s)، $(e_s - e_a)$ کمبـود فشـار بخار در ارتفاع ۲ متـری (kpa)، Δ شـیب منحنـی فشـار بخـار (kpa/C^0)، γ ضریب رطوبتی(kpa/C^0)، G شار گرما بـه داخـل

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق خاک (cm)	PH	EC (dS/m)	OC %	TNV %	N %	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)
۰-۳۰	۷/۹	۰/۵۹۸	۰/۵۰۲	۲۰/۵	۰/۰۷۱	۹/۶	۳۱۰	۰/۰۴۹	۷/۹۱
۳۰-۶۰	۷/۷	۰/۵۷۰	۰/۲۵۰	۳۶	۰/۰۳۴	۴	۲۸۰	۰/۰۳۰	۴/۴۰

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق خاک (cm)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری(gr/cm^3)
۰-۳۰	۳۱/۵	۴۳/۵	۲۵	لومی- رسی	۱/۳۶
۳۰-۶۰	۴۵	۳۸	۱۷	رسی	۱/۴۱

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی آب مزرعه تحقیقاتی

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
PH	۷/۳۵	HCO_3^- (meq/L)	۴/۳
EC (dS/m)	۰/۳۴۵	CO_3^{2-} (meq/L)	۰
Na^+ (meq/L)	۰/۲۱	SO_4^{2-} (meq/L)	۰/۰۳
K^+ (meq/L)	۰/۴۲	Ca^{2+} (meq/L)	۳/۱۱
Cl^- (meq/L)	۰/۵۱	Mg^{2+} (meq/L)	۱/۲۷

خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)

$$ET_C = K_C \times ET_0 \qquad [۲]$$

در این رابطه ET_c تبخیر- تعرق گیاه (mm/day)، K_c ضریب گیاهی می‌باشد.

$$d_g = \frac{\sum_{i=1}^{V} ET_c}{E_a} \qquad [۳]$$

در این رابطه d_g عمق ناخالص آبیاری E_a راندمان آبیاری بر حسب اعشار می‌باشد.

به‌دلیل پایین بودن شوری آب و خاک مزرعه تحقیقاتی نیاز آبشویی در نظر گرفته نشد. انتهای پلات‌ها مسدود و رواناب صفر بود ولی چون تلفات ناشی از فرونشت عمقی آب وجود داشت لذا راندمان آبیاری(E_a) برابر با ۷۰ درصد در نظر گرفته شد. در نهایت با قرار دادن عمق ناخالص آب آبیاری در معادله (۴) حجم آب آبیاری محاسبه و با استفاده از کنتور اندازه‌گیری و توسط شیلنگ به هر پلات منتقل شد.

$$V = \frac{d_g \times A_p \times ۱۰۰۰}{۱۰۰۰} \qquad [۴]$$

V حجم آب آبیاری بر حسب لیتر بر روز، A_p مساحت هر کرت بر حسب مترمربع می‌باشد. مقدار آب آبیاری هر تیمار، با اعمال ضرایب مربوط به سطوح آبیاری تیمارها (۴۰، ۵۵، ۷۰، ۸۵، ۱۰۰، ۱۱۵ و ۱۳۰ درصد) در عمق ناخالص آبیاری محاسبه شده از رابطه (۳) به‌دست آمد و آبیاری کلیه تیمارها هم‌زمان انجام شد.

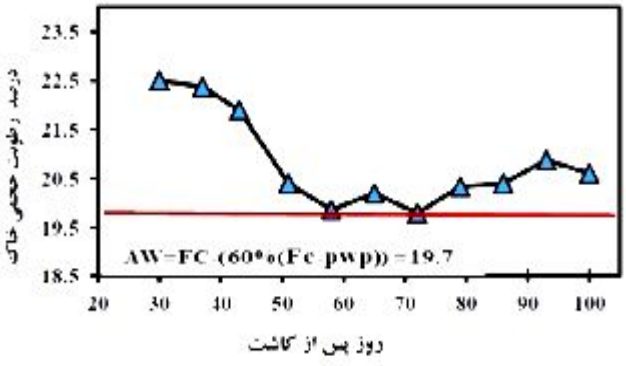
$$d_n = MAD \times (\theta_{Fc} - \theta_{pwp}) \times \rho_b \times D_{rz} \qquad [۵]$$

۲. دور آبیاری: برای محاسبه دور آبیاری، ابتدا عمق خالص آبیاری براساس میزان رطوبت خاک در نقاط FC و PWP با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد:

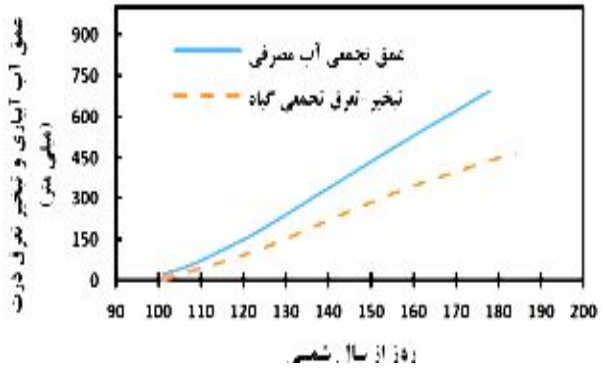
d_n عمق آب در هر آبیاری(mm/day)، θ_{Fc} رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی مزرعه (gr/gr)، θ_{pwp} رطوبت وزنی خاک در نقطه پژمردگی دائم برحسب (gr/gr)، ρ_b وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه (gr/cm^3)، D_{rz} حداکثر عمق توسعه ریشه (mm) سپس با استفاده از ماکزیمم تبخیر- تعرق گیاه (براساس داده‌های بلند مدت هواشناسی) و عمق خالص آب آبیاری d_n محاسبه شده از معادله (۵) دور آبیاری با استفاده از معادله (۶) محاسبه شد:

$$T = \frac{d_n}{ET_{cMax}} \qquad [۶]$$

T دورآبیاری و ET_{cMax} ماکزیمم تبخیر – تعرق گیاه می‌باشد. مقدار T در زمان پیک مصرف بیشتر از ۷ روز به‌دست آمد. با توجه به برنامه آبیاری محل اجرای تحقیق و حقابه اختصاص یافته برای این طرح و برای اطمینان از عدم وارد شدن تنش به گیاه در تیمار آبیاری کامل، دور آبیاری ۷ روز در نظر گرفته شد. تا ۲۱ روز پس از کاشت ذرت تمام تیمارها به‌طور یکسان و به‌صورت غرقابی و با دورآبیاری ثابت (۷ روز) آبیاری شدند. بعد از میخ‌کوبی و طناب‌کشی مزرعه، درتاریخ ۱۸ خرداد ماه ۱۳۹۲، مقدار۱/۲ کیلوگرم (۲۳ کیلوگرم در هکتار) بذر ذرت، رقم NS به صورت دستی کاشته شد و مزرعه به‌وسیله نهرکن پلات‌بندی شد. طول هر پلات ۴ متر و عرض آن ۳ متر و در هر پلات ۴ ردیف ذرت کاشته شد. فاصله بین پشته‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی پشته در ابتدا ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد ولی ۲۲ روز پس از کاشت عملیات وجین صورت گرفت و فاصله بین دو گیاه بین ۷ تا ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شد. سه هفته پس از کاشت ذرت برای کنترل علف‌های هرز، کل مزرعه با سم علف‌کش کروز به میزان ۱۰۰ سی‌سی در ۱۰۰ لیتر آب، سم‌پاشی گردید. تیمارهای کم‌آبیاری مورد نظر ۲۸ روز پس از کاشت بذر اعمال گردید. هم‌زمان با آخرین آبیاری کامل ۲۲ روز بعد از کاشت بذر ذرت، ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (سرک) به‌صورت دستی به زمین داده شد. به‌منظور کاهش رقابت برای جذب آب، حذف علف‌های هرز در طول دوره داشت به‌صورت دستی انجام گرفت. از آن‌جایی که بافت خاک مزرعه لومی‌رسی بود بعد از انجام چند آبیاری سطح خاک سله بسته و نیاز به سله‌شکنی و ترمیم پشته‌ها داشت تا هم نفوذ آب بهبود یابد و هم تبادل هوا بهتر صورت گیرد. بنابراین دو ماه پس از کاشت، نزدیک به دوره گلدهی، سله‌شکنی به‌صورت دستی، توسط بیل انجام شد. همزمان با سله‌شکنی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به زمین داده شد.آخرین آبیاری در تاریخ ۲۵ شهریور ماه انجام شدبرداشت محصول به‌صورت دستی و توسط داس علوفه چین، ۱۰۶ روز بعد از کاشت در تاریخ ۱ تا ۳ مهرماه انجام شد. برداشت ذرت برای سیلوکردن علوفه ی آن زمانی صورت می گیرد که دانه ها حالت خمیری داشته و برگ ها سبز باشند (۱۲). این موقع زمانی است که گیاه ۷۰ تا ۷۵ درصد آب داشته و با سیلو نمودن آن علوفهٔ با کیفیت خوب به‌دست می‌آید. از پلات‌های مربوط به هر تیمار، قطعاتی به مساحت ۱/۵ مترمربع از دو ردیف وسط که نمایانگر عملکرد گیاه در شرایط واقعی مزرعه در کشت‌های وسیع هستند انتخاب و برداشت شد. سپس توزین و برای تعیین خواص کیفی و کمی به آزمایشگاه انتقال یافتند. پارامترهای کمی مورد بررسی شامل: عملکرد، ارتفاع ساقه، قطر میانه ساقه، قطر بلال، طول بلال، وزن بلال و درصد ماده خشک و پارامترهای کیفی شامل: فیبر، پروتئین و روغن دانه بود. اندازه‌گیری ازت پودر ذرت که شامل مخلوطی از ساقه، برگ و بلال بود به‌روش هضم تر و با استفاده از دستگاه Kjeldahl – Gerhardt صورت گرفت، و با اعمال ضریب گیاهی مربوط به ذرت علوفه‌ای میزان پروتئین ذرت نسبت به وزن خشک ماده محاسبه گردید. میزان فیبر موجود در اندام‌های گیاهی ذرت با استفاده از روش محلول‌های شوینده کروسیبل تعیین گردید. روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تمام اتوماتیک، مدل velp-Ser148 اندازه‌گیری شد. در ادامه مقدار آب مصرفی بهینه در شرایط محدودیت منابع آب، با روشی که انگلیش (۱۹) استفاده کرده بود، صورت پذیرفت. تجزیه واریانس وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و آزمون LSD و ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel 2013 انجام گردید.



شکل ۱- الف تغییرات رطوبت حجمی خاک قبل از هر آبیاری در عمق ۰تا۶۰ سانتی متری، در طول فصل رشد



شکل ۱- ب عمق تجمعی آب کاربردی در تیمار آبیاری کامل و تبخیر- تعرق تجمعی ذرت علوفه ای در طول فصل رشد

دول ۴. حجم آب کاربردی در هر هکتار در طول فصل رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای در هر تیمار

سطوح آبیاری	۴۰٪ آبیاری کامل	۵۵٪ آبیاری کامل	۷۰٪ آبیاری کامل	۸۵٪ آبیاری کامل	۱۰۰٪ آبیاری کامل	۱۱۵٪ آبیاری کامل	۱۳۰٪ آبیاری کامل
مقدار آب کاربردی(m^3/ha)	۲۶۹۰	۳۶۹۷	۴۷۰۵	۵۷۱۲	۶۷۲۰	۷۷۲۷	۸۷۳۵
عملکرد (ton/ha)	۴۳	۵۹	۷۳	۷۹	۸۷	۸۶	۸۸

نتایج و بحث

مقادیر آب کاربردی

اعمال سطوح مختلف آبیاری برای گیاه ذرت علوفه‌ای ۲۸ روز پس از کاشت زمانی که گیاه در مرحله ۳ تا ۴ برگی بود و به‌خوبی استقرار یافته بود آغاز گردید. در ابتدا مقدار FC و PWP خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در آزمایشگاه تعیین شد. سپس به‌منظور بررسی تغییرات رطوبت خاک و اطمینان از وارد نشدن تنش به گیاه در تیمار آبیاری کامل، قبل از آبیاری رطوبت خاک در تیمار T5 توسط دستگاه TDR در دو عمق ۰تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری با دو بار تکرار اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت موجود در خاک، با استفاده از میانگین رطوبت به‌دست آمده از دو عمق ذکر شده تعیین و با رطوبت سهل الوصول خاک مقایسه شد (شکل ۱- الف). نتایج نشان داد در تیمار آبیاری کامل در طول فصل رشد تنشی به گیاه وارد نشده است شکل (۱- الف). مقدار تخلیه مجاز برای ذرت علوفه‌ای ۶۰ درصد در نظر گرفته شد (۱۱). مقدار تجمعی آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل و میزان تبخیر- تعرق گیاه در طول فصل رشد که از تشتک تبخیر کلاس A مستقر در ایستگاه هواشناسی محل تحقیق به‌دست آمده در شکل (۱- ب) ارائه شده است. ضریب گیاهی در مرحله اولیه رشد ذرت ۰/۴۵، مرحله توسعه ۰/۹، مرحله میانی ۱/۱۳ و مرحله انتهایی رشد ۰/۷ در نظر گرفته شد (۱۴).

مقادیر آب کاربردی برای هر تیمار، در طول فصل رشد برای ذرت علوفه‌ای در جدول (۴) ارائه شده است. در این پژوهش مقدار آب کاربردی در تیمار آبیاری کامل برابر با ۶۷۲۰ مترمکعب در هکتار شد. حال آنکه انصاری (۱) برای رقم ۳۰۳، ۹۳۹۰ مترمکعب در هکتار آب برای تیمار آبیاری کامل به کار برد.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری مصرف آب، عملکرد کل و عملکرد یک بوته ذرت علوفه‌ای در سطوح آبیاری مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد بوته (گرم)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
سطوح آبیاری	۶	$۳/۵۵\times۱۰^{۵}$ *	$۸/۶۶\times۱۰^{۸}$**	۱۳/۲۵**
خطا	۱۲	$۸/۶۶\times۱۰^{۴}$	$۴/۵۳۱\times۱۰^{۶}$	۰/۹۹
ضریب تغییرات		۳۱/۰۴	۲/۸	۷/۱۶

* و **: به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns: بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های بهره‌وری مصرف آب، عملکرد کل و عملکرد بوته ذرت علوفه‌ای در سطوح آبیاری مختلف

سطوح آبیاری	عملکرد بوته (گرم)	عملکرد کل (تن در هکتار)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۴۰٪ آبیاری کامل	۵۴۹^{c}	۴۳/۱^{e}	۱۶/۰^{a}
۵۵٪ آبیاری کامل	۶۸۳^{c}	۵۹/۸^{d}	۱۶/۲^{a}
۷۰٪ آبیاری کامل	۷۳۳^{bc}	۷۳/۸^{c}	۱۵/۷^{ab}
۸۵٪ آبیاری کامل	۸۵۶^{bc}	۷۹/۵^{b}	۱۳/۹^{bc}
۱۰۰٪ آبیاری کامل	۱۰۴۶^{abc}	۸۷/۳^{a}	۱۳/۰^{cd}
۱۱۵٪ آبیاری کامل	۱۲۴۵^{ab}	۸۶/۹^{a}	۱۱/۲^{d}
۱۳۰٪ آبیاری کامل	۱۵۲۱^{a}	۸۸/۱^{a}	۱۰/۱^{d}

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

عملکرد محصول

اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر میزان عملکرد محصول تازه ذرت علوفه‌ای در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). کمترین و بیشترین عملکرد محصول تازه به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۴۳ و ۸۸ تن در هکتار بود (جدول ٦). مشعل و همکاران (۱۵) در پردیس دانشگاه تهران مقدار عملکرد، رقم سینگل کراس 704 ، تحت روش آبیاری جویچه‌ای برای دو تیمار ۴۰ و ۱۲۰٪ به‌ترتیب ۴۲ و ٦۲ تن در هکتار به‌دست آورد. نتایج محققان دیگر از جمله کافی دجامان (۱۸)، رضایی و همکاران (۸) و فهیمان و همکاران (۱۳) نشان می‌دهد با افزایش آب کاربردی عملکرد کل افزایش می‌یابد. متفاوت بودن رقم کشت شده، نوع خاک، آب و هوای منطقه، تاریخ کاشت، مدیریت مزرعه و مقدار آب کاربردی، می‌تواند از دلایل اختلاف میزان تولید ذرت در این طرح با تحقیقات محققین دیگر باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد عملکرد محصول تازه در تیمارهای ۱۰۰، ۱۱۵ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل، تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول٦).

بهره‌وری مصرف آب

اثر سطوح مختلف آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بهره‌وری مصرف آب از تقسیم عملکرد محصول تازه در واحد سطح برحسب کیلوگرم بر

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس برخی خصوصیات کمی ذرت علوفه‌ای در سطوح آبیاری مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه (متر)	قطر میانه ساقه (سانتی‌متر)	میانگین مربعات قطر بلال (سانتی‌متر)	طول بلال (سانتی‌متر)	وزن بلال (گرم)
سطوح آبیاری	۶	۰/۱۴۷**	۰/۱۶۹*	۲/۴۳**	۷۸/۰۸*	۳۵۰۱۳۰**
خطا	۱۲	۰/۰۱	۰/۰۴۷	۰/۳۸۱	۲۱/۸۳	۲۰۸۵۶
ضریب تغییرات		۴/۵۱	۱۱/۰۸	۱۳/۷۴	۱۵/۶۰	۲۰/۶۰

* و **: به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns : بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول ۸. مقایسه میانگین‌های برخی خصوصیات کمی بوته ذرت علوفه‌ای در سطوح آبیاری مختلف

سطوح آبیاری	ارتفاع ساقه (متر)	قطر میانه ساقه (سانتی‌متر)	قطر بلال (سانتی‌متر)	طول بلال (سانتی‌متر)	وزن بلال (گرم)
۴۰٪ آبیاری کامل	۱/۹۰^{c}	۱/۶۶^{c}	۳/۲۲^{c}	۲۳/۸^{c}	۲۶۶^{e}
۵۵٪ آبیاری کامل	۲/۰۶^{bc}	۱/۸۲^{bc}	۳/۴۶^{c}	۲۴/۳^{c}	۳۵۰^{de}
۷۰٪ آبیاری کامل	۲/۱۷^{b}	۱/۸۴^{bc}	۴/۲۵^{bc}	۲۹/۴^{bc}	۷۵۵۶^{cd}
۸۵٪ آبیاری کامل	۲/۲۰^{b}	۱/۹۸^{bc}	۴/۶۵^{ab}	۲۹/۶^{bc}	۷۰۰^{bc}
۱۰۰٪ آبیاری کامل	۲/۴۰^{a}	۲/۰۷^{ab}	۵/۱۸^{ab}	۳۳/۳^{ab}	۸۵۰^{b}
۱۱۵٪ آبیاری کامل	۲/۴۷^{a}	۱/۹۲^{bc}	۵/۰۲^{ab}	۳۰/۲^{bc}	۹۵۰^{b}
۱۳۰٪ آبیاری کامل	۲/۴۸^{a}	۲/۴۱^{a}	۵/۶۵^{a}	۳۸/۶^{a}	۱۲۳۳^{a}

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

مقدار آب مصرفی در واحد سطح بر حسب مترمکعب حاصل شد. بیشترین و کمترین مقدار آن، به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۵۵ و۱۳۰ درصد آبیاری کامل و مقادیر آنها به‌ترتیب برابر ۱۶/۲ و ۱۰/۱ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده برای این شاخص (جدول ٦) با تحقیقات مشعل و همکاران (۱۵) و سالمی و مشرف (۱۰) مطابقت دارد. دجامان (۱۸) بیشترین بهره‌وری مصرف آب را برای تیمار آبیاری کامل به‌دست آورد. آکتم (۲۳) بیشترین بهره‌وری مصرف آب را برای تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل محاسبه کردند.

عملکرد بوته

اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر میزان عملکرد بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). کمترین و بیشترین عملکرد به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۵۴۹ و ۱۵۲۱ گرم بود (جدول ٦).

برخی خصوصیات کمی اندازه‌گیری شده در بوته ذرت علوفه‌ای:

ارتفاع ساقه: اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر ارتفاع ساقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). کمترین و بیشترین آن، به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل، با مقادیر به‌ترتیب ۱/۹ و ۲/۵ متر بود (جدول ۸). این

جدول ۹. نتایج تجزیه واریانس درصد ماده خشک و برخی خصوصیات کیفی ذرت علوفه‌ای در سطوح آبیاری مختلف

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	درصد ماده خشک	درصد پروتئین	درصد فیبر	درصد روغن دانه
سطوح آبیاری	۶	۱۳/۰۷*	۰/۲۴۸ns	۳۲/۲۳**	۰/۰۱ns
خطا	۱۲	۳	۰/۰۹	۰/۵۹۲	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات		۶/۰۹	۱/۶۳	۲/۳۹	۳/۳۹

* و **: به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns : بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد

همکاران (۸) مطابقت دارد. درنتایج دجامان (۱۸) سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد ارتفاع ساقه در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۱۱۵ و ۱۳۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت.

قطر ساقه: اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر قطر میانه ساقه (ارتفاع ٦٠ سانتی‌متری) در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). به‌طوری که کمترین و بیشترین آن، به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۱/٦٦ و ۲/۴۱ سانتی‌متر بود (جدول ۸).

قطر بلال: اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر قطر بلال (با پوست) در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). کمترین و بیشترین آن، به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۳/۲۲ و ۵/٦۵ سانتی‌متر بود (جدول ۸). نتایج تحقیق رضایی و همکاران (۸) نیز نشان می‌دهد با افزایش عمق آب کاربردی، قطر بلال افزایش می‌یابد. قطر بلال در تیمارهای آبیاری ۸۵، ۱۰۰، ۱۱۵ و۱۳۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت.

طول بلال: اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر طول بلال (با پوست) در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). کمترین و بیشترین آن، به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۲۳/۸ و ۳۸/٦ سانتی‌متر بود (جدول ۸). با نتایج رضایی و همکاران (۸) مشابهت دارد.

وزن بلال: اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر وزن بلال (با پوست) در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). کمترین و بیشترین آن، به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ٢٦٦ و ۱۲۳۳ گرم بود (جدول ۸).

ماده خشک و برخی خصوصیات کیفی اندازه‌گیری شده در بوته ذرت علوفه‌ای

ماده خشک: تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر درصد ماده خشک بوته ذرت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). کمترین و بیشترین آن، به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۱۵ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۲۴/۳۷ و ۳۱/۱۲ درصد وزن تر بوته بود (جدول ۱۰). نتایج استخروئیه و همکاران (۷) و رضایی و همکاران (۸) نشان داد با کاهش میزان آب آبیاری درصد ماده خشک ذرت علوفه‌ای کاهش می‌یابد.

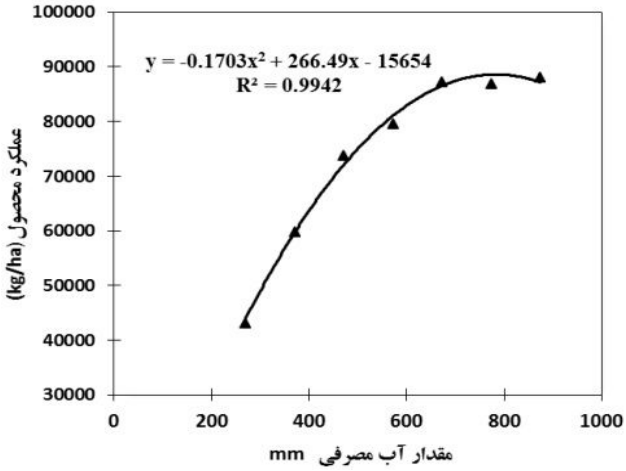
پروتئین: با توجه به جدول (۹) تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر مقدار پروتئین بوته معنی‌دار نبود. در تحقیق آکتم (۲۳) با کاهش عمق آب آبیاری میزان پروتئین بوته افزایش یافت. بیشترین درصد پروتئین بوته ذرت برابر با ۱۹ درصد برای تیمار ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار آن برای تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل برابر با ۱۸ درصد نسبت به ماده خشک به‌دست آمد (جدول ۱۰).

فیبر: تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر درصد فیبر یک بوته ذرت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). به‌طور کلی با افزایش میزان آب آبیاری درصد فیبر بوته ذرت افزایش می‌یابد. کمترین و بیشترین آن، به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰

جدول ۱۰. مقایسه میانگین‌های درصد ماده خشک و برخی خصوصیات کیفی ذرت علوفه‌ای در سطوح آبیاری مختلف

سطوح آبیاری	درصد ماده خشک	درصد پروتئین	درصد فیبر	درصد روغن دانه
۴۰٪ آبیاری کامل	۲۴/۳۷^{c}	۱۸/۲۳^{b}	۲۷/۳^{e}	۳^{a}
۵۵٪ آبیاری کامل	۲۷/۷۶^{b}	۱۸/۲۳^{b}	۲۸/۶^{e}	۳/۰۶^{a}
۷۰٪ آبیاری کامل	۲۸/۷۶^{ab}	۱۸^{b}	۳۰/۷^{d}	۳/۱۲^{a}
۸۵٪ آبیاری کامل	۲۸/۹۴^{ab}	۱۸/۴۶^{ab}	۳۳/۵^{c}	۳/۱۰^{a}
۱۰۰٪ آبیاری کامل	۲۹/۶۶^{ab}	۱۸/۹۱^{a}	۳۴/۲^{bc}	۳/۱۵^{a}
۱۱۵٪ آبیاری کامل	۳۱/۱۲^{a}	۱۸/۳۹^{ab}	۳۴/۹^{ab}	۳/۰۴^{a}
۱۳۰٪ آبیاری کامل	۲۸/۱۵^{ab}	۱۸/۲۵^{b}	۳۵/۷^{a}	۳/۱۵^{a}

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند



شکل ۲. تابع تولید ذرت علوفه‌ای در آبیاری جویچه‌ای، خاک لومی رسی و دور آبیاری ثابت ۷ روز

و۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۲۷/۳ و ۳۵/۷ درصد ماده خشک بود (جدول ۱۰).

درصد روغن دانه: تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر درصد روغن دانه ذرت معنی‌دار نبود (جدول ۹). بیشترین درصد روغن دانه، مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل برابر با ۳/۱۵ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار ۴۰ درصد آبیاری کامل، برابر ۳ درصد نسبت به وزن خشک دانه به‌دست آمد (جدول ۱۰). سالمی و مشرف (۱۰) بیشترین درصد چربی دانه را برابر با ۴/۸۷ درصد برای تیمار ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار آن برای تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل برابر با ۴/۴۹ درصد نسبت به ماده خشک به‌دست آوردند.

تعیین مقدار آب مصرفی بهینه ذرت علوفه‌ای در شرایط محدودیت منابع آب

برای تعیین مقدار آب مصرفی بهینه لازم است توابع درآمد، هزینه و سود تهیه گردد. این کار با استفاده از روش انگلیش و همکاران (۲۰) انجام می‌شود (۶).

تابع تولید

با توجه به مقادیر آب کاربردی در طول فصل رشد و عملکرد کل هر تیمار (جدول ۴) می‌توان تابع تولید محصول را رسم کرد و معادله آن تابع را به‌دست آورد (شکل۲).

که در آن y(w) مقدار عملکرد کل بر حسب کیلوگرم در هکتار و w مقدار آب مصرفی بر حسب میلی‌متر می‌باشد. با

مشتق‌گیری از معادله (۸) و برابر صفر قرار دادن آن، در شرایطی که محدودیت آب نداریم، مقدار آبی که بیشترین عملکرد را دارد برابر۷۸۲ میلی‌متر به‌دست می‌آید. که این مقدار تقریباً برابر مقدار آبی است که باید در تیمار ۱۱۵ درصد آبیاری کامل داده شود. اگر قیمت یک کیلوگرم ذرت علوفه‌ای مشخص باشد، تابع درآمد آن به‌صورت معادله (۷) نوشته می‌شود.

$$b(w) = A[p.y(w)] \qquad [۷]$$

که در آن b(w) میزان درآمد ناخالص بر حسب ریال، A سطح زیر کشت بر حسب هکتار و p قیمت یک کیلوگرم ذرت علوفه‌ای بر حسب ریال است. با توجه به قیمت ۱۳۸۰ ریال برای هر کیلوگرم ذرت علوفه‌ای (۴) معادله فوق به‌شکل زیر نوشته می‌شود.

$$b(w) = A\left[-۲۳۵/۰۱۴w^{۲} + ۳۶۷۷۵۶/۲w - ۲۱۶۰۲۵۲۰\right] \qquad [۸]$$

تابع هزینه

تابع هزینه در این قسمت با در نظر گرفتن مبلغ ۵۸۱۴۰۰۰۰ ریال هزینه تولید ذرت علوفه‌ای در یک هکتار (کاشت، داشت، برداشت) و قیمت هر مترمکعب آب آبیاری ۳۸۰ ریال (۴) به‌صورت معادله (۹) به‌دست می‌آید.

$$C(w) = A[۵۸۱۴۰۰۰۰ + ۳۸۰۰w] \qquad [۹]$$

که در آن C(w) مقدار هزینه کل برحسب ریال می‌باشد.

تابع سود

تابع سود از تفاضل توابع. درآمد (معادله ۸) و هزینه (معادله ۹) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید

$$I(w) = A\left[-۲۳۵/۰۱۴w^{۲} + ۳۶۳۹۵۶/۲w - ۷۹۷۴۲۵۲۰\right] \qquad [۱۰]$$

که در آن I(w) مقدار سود خالص برحسب ریال می‌باشد. با استفاده از تابع سود می‌توان عمق آب مصرفی بهینه را در شرایط محدودیت در منابع آب به‌صورت زیر تعیین نمود. اگر حجم آب موجود در طول فصل زراعی برای یک منطقه V متر مکعب باشد، سطحی که می‌توان با w میلی‌متر آب زیر کشت برد با رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$A = \frac{V}{w} \times ۰/۱ \qquad [۱۱]$$

با ترکیب معادلات ۱۰ و ۱۱ معادله ۱۲ به‌دست می‌آید:

$$I(W) = ۰/۱V\left[-۲۳۵/۰۱۴w + ۳۶۳۹۵۶/۲ - \frac{۷۹۷۴۲۵۲۰}{w}\right] \qquad [۱۲]$$

مقدار آب مصرفی بهینه در شرایط محدودیت آب، مقداری است که مقدار سود در معادلهٔ (۱۲) را حداکثر کند، این مقدار را می‌توان با مساوی صفر قرار دادن مشتق معادلهٔ (۱۲) به‌دست آورد.

$$\frac{dI(w)}{dw} = ۰/۱v\left[-۲۳۵/۰۱۴ + \frac{۷۹۷۴۲۵۲۰}{w^{۲}}\right] = ۰ \rightarrow w = ۵۸۲/۵mm \qquad [۱۳]$$

بنابراین مقدار آب مصرفی در شرایط محدودیت آب برابر ۵۸۲/۵ میلی‌متر است. مقدار آب مورد نیاز در حالت آبیاری کامل ۶۷۲ میلی‌مترمی‌باشد، بنابراین مقدار آب مصرفی بهینه در شرایط محدودیت آب حدود ۸۶ درصد آبیاری کامل است، که برابر مقدار آبی است که باید به گیاه داده شود تا سود خالص حاصل از واحد سطح حداکثر شود. اگر این مقدار در معادلهٔ (۱۱) قرار گیرد با مشخص بودن حجم کل آب قابل دسترس که همان حجم آب مصرفی در آبیاری کامل است می‌توان سطح زیر کشت را ۱۱/۵ درصد افزایش داد و به حداکثر سود دست یافت. نتایج مشعل و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد بیشترین درآمد ناخالص، مربوط به تیمار با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، و بیشترین درآمد خالص مربوط به تیمار با کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب نسبت به حالت آبیاری کامل می‌باشد. محمدی و همکاران (۱۶)تیمار آبیاری کامل را به‌عنوان اقتصادی‌ترین تیمار توصیه کردند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی سطوح مختلف آب آبیاری تأثیر معنی‌داری روی عملکرد محصول تازه، بهره‌وری مصرف آب و برخی خصصیوات کمی ذرت علوفه‌ای از جمله درصد ماده خشک، ارتفاع ساقه، قطر میانه ساقه، قطر بلال، طول بلال و وزن بلال در بوته داشت. همچنین تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر

درصد فیبر در یک بوته معنی‌داری بود. با افزایش عمق آب آبیاری میزان عملکرد، طول ساقه، وزن بلال و درصد فیبر بوته افزایش می‌یابد. سطوح مختلف آب آبیاری، تأثیر معنی‌داری روی درصد پروتئین و درصد روغن دانه نداشت. کمترین و بیشترین عملکرد به‌ترتیب مربوط به سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل با مقادیر به‌ترتیب ۴۳/۱۱ و ۸۸/۱۵ تن در هکتار بود. بیشترین بهره‌وری مصرف آب آبیاری با مقدار۱۶/۲ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار ۵۵ درصد آبیاری کامل و کمترین آن با مقدار ۱۰/۱ برای تیمار ۱۳۰ درصد آبیاری کامل به‌دست آمد. اگر هدف دستیابی به بیشترین عملکرد باشد تیمار ۱۳۰ درصد آبیاری کامل توصیه می‌شود. اما از آنجایی که میزان افزایش محصول در تیمار ۱۳۰ درصد آبیاری کامل نسبت به تیمار آبیاری کامل کمتر از ۱ درصد بود و همچنین عملکرد تیمار ۱۱۵ درصد آبیاری کامل کمتر از تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد، مصرف آب، بیش از حد نیاز گیاه موجب هدر رفتن آب و کاهش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای در بین تیمارهای آبیاری ۱۳۰، ۱۱۵ و ۱۰۰ درصد آبیاری کامل به جز میزان فیبر تفاوت معنی‌داری در عملکرد کمی و کیفی این سه تیمار وجود ندارد. لذا مصرف بیش از حد آب سودی برای کشاورز نخواهد داشت. نتایج بهینه‌سازی آب آبیاری نشان داد در شرایطی که محدودیت آب نداریم، بیشترین عملکرد در واحد سطح به ازای مقدار آب مصرفی ۷۸۲ میلی‌متر در طی دوره رشد ذرت، به‌دست آمد. اما در شرایط کمبود آب، در اثر کم‌آبیاری و استفاده از ۵۸۲/۵ میلی‌متر آب در طول دوره رشد که حدود ۸۶ درصد آبیاری کامل است، می‌توان سطح زیر کشت را ۱۱/۵ درصد افزایش داد تا سود خالص حاصل از واحد سطح حداکثر شود و همچنین در مصرف آب صرفه‌جویی به‌عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

۱. انصاری، ح. ۱۳۸۶. تعیین عمق شاخص و بهینه آبیاری در ذرت‌های زودرس با هدف احتساب حداکثر سود، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۲(۲): ۱۱۶-۱۰۷.

۲. انصاری، ح.، ح. شریفان و ک. داوری، ۱۳۹۰. *آبیاری عمومی (اصول و عملیات)*، جهاد دانشگاهی مشهد.

۳. اعتدالی، س. و ج. گیوی، ۱۳۹۱. ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه شهرکرد برای ذرت علوفه‌ای به‌روش فائو و با استفاده از برنامه ALES . نشریه آب و خاک (علوم وصنایع کشاورزی) ۲۶: ۱۳۵۹-۱۳۴۹.

۴. بی نام. ۱۳۹۳. هزینه تولید محصولات کشاورزی در سال زراعی۱۳۹۲. گزارش سالانه بخش زراعت. سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری.

۵. حیدری ذوله، ح. ۱۳۸۵. بررسی اثرات کم آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب سه گیاه علوفه ای ذرت، سورگم و ارزن در کشت دوگانه بعد از گیاه جو .پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.

۶. خیرابی، ج.، ع. ر. توکلی, م. ر. انصاری و ع. ر. سلامت. ۱۳۷۵. *دستور العمل‌های کم‌آبیاری (نشریه شماره۲)*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی.

۷. رضائی استخروئیه، ع., ع.ر. هوشمند.، س. برومندنسب و م.ج. خانجانی. ۱۳۹۱. تأثیر کم‌آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد، اجزاء عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۶(۶): ۱۵۲۱-۱۵۱۴.

۸. رضائی، ع.، ع. ر. غفوری، ف. علی‌اصغری، ز. امیرتیموری، گ. کریمی و ر. مقیمی. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تنش آبی بر محصول ذرت

علوفه‌ای در منطقه کرمان، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر،کرمان.

۹. سلطانی، م. و ف. عزیزی. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در سه هیبرید تجاری ذرت (KSC077, KSC077, KSC027) در رژیم‌های مختلف آبیاری، ارائه دستاوردها و تحقیقات نوین علمی در جهت ارتقا بهره‌وری در نهاده‌های مهم کشاورزی در راستای جهاد اقتصادی، فصل اول.

۱۰. سالمی، ح. ر. و ل. مشرف. ۱۳۸۵. تأثیرات کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی و عملکرد ارقام ذرت دانه‌ای در منطقه اصفهان، تحقیقات مهندسی کشاورزی ۷(۱۶) : ۸۴-۷۱ .

۱۱. سپاس‌خواه، ع.، ع. توکلی و س. ف. موسوی. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم‌آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۱۰۰ صفحه ۲۸۸.

۱۲. صیدمرادی، ع. ا. ۱۳۸۵. گیاه ذرت، دبیرخانه کشاورزی، وبلاگ گروه کشاورزی اداره کل شهرستان‌های استان تهران (http://www.agrigroup11.blogfa.com).

۱۳. فهیمان، ا.، ا. دادی، م. ر. چائی‌چی و غ. ع. اکبری. ۱۳۹۰. بررسی اثر روش‌های کم‌آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان علوفه‌ای تابستانه (ذرت، سورگوم و ارزن علوفه‌ای)، اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی، دانشگاه زنجان.

۱۴. قیصری، م.، س.م. میرلطفی، م. همایی و م.ا. اسدی. ۱۳۸۵. تعیین نیاز آبی ذرت علوفه‌ای وضریب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد، تحقیقات مهندسی کشاورزی ۷(۲۵): ۱۴۲-۱۲۵.

۱۵. مشعل، م.، م. وراوی‌پور، س. ا. س. نوری و ا. زارع زیرک. ۱۳۸۷. بهینه سازی عمق آب مصرفی ذرت با کم آبیاری (مطالعه موردی: دشت و رامین)، آب، خاک و گیاه در کشاورزی ۸(۴) :۱۳۴-۱۲۳.

۱۶. محمدی، ی.، ب .یوسفی، س. برومند نسب، ع. هوشمند و س. م. علوی. ۱۳۹۱. تأثیر کم آبیاری و الگوی کشت بر صفات مرفولوژیک ذرت سینگل کراس ۵۰۰ در منطقه اهواز. مجموعه چکیده مقالات اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه.

17. Ameer. H. K. 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. J. Agr. Water Manage. 97: 1553 –1563.
18. Djaman, k. 2011. Crop evapotranspiration, crop coefficients, plant growth and yield parameters, and nutrient uptake dynamics of maize (zea mays l.) Under full and limited irrigation. Effect of irrigation on yield and above-ground biomass, University of Nebraska, Lincoln. pp:. 61-67.
19. English, M. 1990. Deficit irrigation I: Analytical framework. ASCE, J. Irrig. Drain. Eng. 16(3): 399-412.
20. English, M. Raja, S. N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. J. Agr. Water Manage. 32: 1-14.
21. Harremoes, P. 2002. Water ethics: a substitute for over-regulation of a scarce resource. J. Water Sci. Technol. 45(8): 45-113.
22. Neylon, J. M., L. Kung, 2003. Effects of Cutting Height and Maturity on the Nutritive Value of Corn Silage for Lactating Cows. J. Dairy Sci. 36: 2961-2963.
23. Oktem, A. 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. J. Agric. Water Manage. 95: 1003-1010.
24. WHO. 2000. Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report, WHO/UNICEF Joint Monitoring Program for Water Supply and Sanitation, World Health Organization, Geneva, Switzerland.