

اثرات تنش آب و کود بر عملکرد و مقدار پروتئین ذرت علوفه‌ای در سیستم کود-آبیاری

سپیده اعتدالی^۱، محمد رضا نوری امامزاده‌ای^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*^۲ - نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد nouri1351@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲

چکیده

برای حفظ منابع آب، بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی امری ضروری است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش آب و کود بر عملکرد دانه و مقدار پروتئین ذرت علوفه‌ای انجام شد. به این منظور طی بهار و تابستان ۱۳۸۹ یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تأمین نیاز آبی به روش قطره‌ای-نوری با چهار تیمار I_1 ، I_2 ، I_3 و I_4 (به ترتیب ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی) و تأمین نیاز تغذیه‌ای با کود شیمیایی در پنج سطح شامل F_0 ، F_1 ، F_2 ، F_3 و F_4 (به ترتیب صفر شاهد، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲۰ درصد ترکیب کودی توصیه شده) بودند که تغذیه کودی با روش کود-آبیاری انجام شد. نتایج نشان داد عملکرد دانه و پروتئین در ذرت علوفه‌ای به شکل معنی‌دار متأثر از میزان آب، کود و اثر متقابل آنهاست. بیشترین عملکرد دانه (18570 Kg/ha) مربوط به تیمار I_4 بود که با تیمار I_3 در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار نداشت. از میان تیمارهای آبیاری بیشترین میزان پروتئین (2122 Kg/ha) و بیشترین سهم پروتئین ($13/9$ درصد) مربوط به تیمار I_2 بود. از میان تیمارهای کوددهی بیشترین عملکرد دانه و پروتئین به ترتیب با مقادیر 17552 و 2188 Kg/ha در سطح F_4 اتفاق افتاد، اما بیشترین درصد پروتئین با مقدار $12/8$ درصد مربوط به سطح F_3 بود که با سطح F_4 تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد نداشت. لذا با توجه به در نظر گرفتن جمیع شرایط از نظر رعایت جنبه‌های زیست محیطی و اقتصادی، اعمال تیمار I_3 به همراه سطح مصرف کود F_3 در شرایط مشابه طرح توصیه می‌گردد.

کلید واژه‌ها: تنش آبی، کود-آبیاری، ذرت علوفه‌ای، پروتئین، عملکرد.

مقدمه

مطلوب جهت تغذیه دام محسوب می‌شود، از نظر تأمین انرژی و نشاسته بسیار غنی است (۷). ذرت یکی از گیاهان زراعی مهم ایران به شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن طی دهه گذشته به شدت افزایش یافته است و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۱ سطح زیر کشت آن در ایران دو برابر شود (۱۲).

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین واقع شده است و متوسط نزولات آسمانی در این مناطق اغلب منطبق با نیازهای زراعی نبوده و محصولات دچار تنش‌های خشکی ممتد و یا موقت می‌شوند، لذا بایستی با یک مدیریت مطلوب امکان استفاده بهینه از مناطق نیمه خشک را میسر نموده و به سطح زیر کشت و بازدهی این مناطق افزود (۲). پلدریم و همکاران^۱ در آزمایش‌های مزرعه‌ای واکنش ذرت به آبیاری کامل و آبیاری ناکافی در مراحل مختلف رشد آن را بررسی نمودند. در طی این آزمایش‌ها بالاترین عملکرد دانه با آبیاری کامل در سرتاسر دوره

در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب و عناصر غذایی قابل جذب در خاک محدود کننده رشد گیاه می‌باشند. از طرفی روش کوددهی نقش اساسی در کارایی مصرف کود و عملکرد دارد. کودهای شیمیایی در کشور عمدتاً به روش پخش سطحی مصرف می‌گردد که به علت فراهم نمودن زمان کافی برای هدررفت عناصر از قابلیت جذب عناصر توسط ریشه گیاه می‌کاهد و کارایی مصرف کود پایین می‌آید. کود-آبیاری که عبارت است از مصرف کود با آب آبیاری در طی دوره رشد گیاه موجب بالا رفتن کارایی مصرف کود و آب می‌شود (۲۰).

ذرت علوفه‌ای^۱ گیاهی یکساله می‌باشد که به دلیل قابلیت‌هایی نظیر قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، مقاومت نسبت به خشکی، عملکرد بالا، قدرت قرار گرفتن در تناوب‌های مختلف، قدرت پذیرش کامل مکانیزاسیون و نیز مصارف متعدد از جمله تغذیه انسان، دام و طیور، در بسیاری از مناطق جهان کشت می‌شود. ذرت علاوه بر آنکه علوفه‌ای بسیار

2- Yildirim et al.

1- Zea mays L.

انجام شده توسط منصوری فر و همکاران نشان داد که اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی (۱۰-۸ برگی) تأثیر بسیار معنی دار بر روی پروتئین های محلول در برگ داشته و موجب کاهش آن شد به طوری که بیشترین تأثیر آن مربوط به مقدار کمی و کیفی پروتئین ها در مرحله رویشی است (۶). علاوه بر تنش کمبود آب، کمبود نیتروژن مورد نیاز هم می‌تواند فشار مضاعفی را بر رشد و عملکرد گیاه ذرت وارد آورد. به عقیده دانشمندان، مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن اصلی‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شوند (۲۲). در مطالعات بسیاری، بر تأثیر مثبت نیتروژن در افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و وزن دانه در هیبریدهای مختلف ذرت تأکید شده است. کود نیتروژنه تعداد برگ‌ها، طول و عرض برگ‌ها و ماده‌ی خشک برگ‌های یک بوته را افزایش می‌دهد (۸). اسبورن و همکاران، بر لزوم برقراری تناسب میان فراهمی رطوبت در خاک و نیتروژن مصرفی تأکید کردند. این امر از یک سو از هزینه تولید ذرت می‌کاهد و از سوی دیگر از مصرف بی‌مورد نیتروژن که معمولاً با افزایش عملکرد همراه نیست، جلوگیری به عمل می‌آورد (۲۳). بر اساس تحقیقات موچلر و همکاران^{۱۳}، افزایش میزان نیتروژن از صفر تا ۴۲ گرم در متر مربع (۴۲۰ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک کل بوته را بیش از دو برابر، عملکرد دانه را حدود چهار برابر و شاخص برداشت را دو برابر افزایش داد. همچنین وی اعلام داشت که نیتروژن بر روی تعداد ردیف در بلال اثر معنی‌دار داشته و باعث افزایش تعداد دانه در ردیف بلال گردیده است (۲۱). رید و همکاران^{۱۴} و پراساد و سینگ^{۱۵} در مطالعات خود بر روی تأثیر نیتروژن بر عملکرد ذرت علوفه‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش نیتروژن عملکرد افزایش می‌یابد. به لحاظ اینکه نیتروژن نقش اصلی را در تولید دارا می‌باشد، کمبود آن در هر یک از مراحل رشد باعث اختلال در سنتز مواد خواهد شد و در نتیجه تولید کاهش خواهد یافت (۲۷ و ۲۶). نتایج تحقیقات هرا و همکاران^{۱۶} نشان داد که میزان پروتئین ذرت با افزایش میزان نیتروژن افزایش می‌یابد و در صورت کاربرد فسفر و پتاسیم میزان پروتئین بیشتر افزایش می‌یابد (۱۷). هدف از این پژوهش بررسی تأثیر مقدار آب و کود بر عملکرد، میزان پروتئین و درصد پروتئین به روش کود-آبیاری در ذرت علوفه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در قطعه زمینی به مساحت ۵۰۰۰ متر مربع واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۱° و ۵۰° شرقی و ۲۰° و ۳۳° شمالی به‌منظور بررسی اثر تنش آب و کود بر عملکرد و میزان

رشد و کمترین عملکرد با آبیاری ناکافی در طول دوره رشد به دست آمده بود (۲۹).

حامدی و همکاران در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که در شرایط نیاز آبی یکسان در ذرت، کارآیی مصرف آب در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از سیستم آبیاری سطحی است (۱). بالاک و همکاران^۱ اثر مصرف نیتروژن را در سیستم آبیاری بارانی بر عملکرد گیاه بررسی نموده و نتیجه گرفتند که کود-آبیاری با مصرف معادل ۶۰ درصد مقدار نیتروژن در روش پخش سطحی، بیشترین عملکرد را دارد (۹). فابری^۲ در سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای اثر کود-آبیاری را بر عملکرد محصولات مختلف بررسی و نتیجه گرفت که در روش کود-آبیاری نسبت به روش‌های پخش سطحی، عملکرد قابل توجه بوده و عملکرد محصول در صورت مصرف کود از طریق آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری قطره‌ای است (۱۵).

کرناک و دینک‌گلان^۳، فنگ بین و ینگ^۴، کامارا و همکاران^۵، کامپوس و همکاران^۶، زیا و همکاران^۷، کالیر^۸، پلات و همکاران^۹ و پندی و ماران ویل^{۱۰} در مطالعه اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت گزارش کردند که تنش آب و کاهش مصرف آن منجر به کاهش عملکرد تر، عملکرد خشک، کاهش ارتفاع و قطر ساقه می‌شود (۱۹، ۱۶، ۱۸، ۱۱، ۲۸، ۱۰، ۲۵ و ۲۴). ارل و داویس^{۱۱} اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد ذرت دانه‌ای را به دلیل کاهش سطح برگ و کاهش شاخص برداشت گزارش کردند (۱۴). اسبورن و همکاران^{۱۲} بیان داشتند علت افزایش تولید ماده خشک در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و تداوم سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید (۲۳). نتایج تحقیقات سیلیسیور و همکاران نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی بیشترین خسارت را بر عملکرد دانه داشت و عملکرد را ۴۲ درصد کاهش داد (۳). تنش آب میزان رشد را شدیدتر از جذب نیتروژن محدود می‌کند و به طور معمول غلظت عناصر غذایی برای رشد در طی تنش آبی کاهش می‌یابد. یکی از تغییرات عمده بیوشیمیایی که در اثر کاهش رطوبت خاک در گیاهان زراعی روی می‌دهد، تغییر در میزان تولید پروتئین‌های گیاهی در جهت تجزیه و یا جلوگیری از سنتز بعضی از آنها و نیز ساخت دسته کوچکی از پروتئین‌های مخصوص تنش است (۱۳). پژوهش

- 1- Bullock et al
- 2- Fabry
- 3- Krnak and Genkoglan
- 4- Feng bin et al.
- 5- Kamara et al.
- 6- Kampos et al.
- 7- Xiao et al.
- 8- Calir
- 9- Plaut et al.
- 10- Pandy and Maranvill
- 11- Earl and Davis
- 12- Osborne et al.

- 13- Moscheler et al.
- 14- Reed et al.
- 15- Prasad and Singh
- 16- Hera et al.

کرت‌های آزمایشی از یکدیگر ۲/۵ متر و ابعاد آن ۲/۲۵×۶ متر در نظر گرفته شد. در اواخر اردیبهشت ماه (۲۵ اردیبهشت) ذرت علوفه‌ای هیبرید ۷۰۴، به‌صورت ردیفی با فاصله ردیف ۷۵ سانتی-متر و فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف به شکل دستی کشت گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پیش از کاشت اندازه‌گیری شد که نتایج آن به ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) ارائه شده است. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری با نمونه برداری از آن تعیین و در جدول (۳) ارائه گردیده است.

پروتئین در ذرت علوفه‌ای در خاکی با بافت سطحی رسی سیلتی و به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور مقدار آب آبیاری در چهار سطح شامل I_1 ، I_2 ، I_3 و I_4 (به ترتیب ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی توصیه شده)، مقدار کود شیمیایی در پنج سطح شامل F_0 ، F_1 ، F_2 ، F_3 ، F_4 (به ترتیب صفر شاهد، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد ترکیب کودی توصیه شده) و در سه تکرار اجرا گردید. در اواسط اردیبهشت ماه زمین مورد نظر آماده و کرت بندی شد. فاصله

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق خاک	فراوانی نسبی اندازه ذرات خاک (درصد)	بافت خاک	جرم		رطوبت خاک (درصد وزنی) ^o
			مخصوص	مخصوص	
سانتی متر	رس	سیلت	شن	ظاهر	حقیقی
				gr/cm ³	gr/cm ³
۰-۲۵	۴۷/۸	۴۱/۲	۱۱/۰	۲/۳۱	۱/۲۷
۲۵-۶۰	۵۳/۶	۳۷/۷	۸/۷	۲/۳۹	۱/۵۰

* SP درصد اشباع، FC ظرفیت زراعی و PWP نقطه پژمردگی دائم است.

جدول ۲- مشخصات شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک	گج	آهک	ازت کل	کربن آلی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	Fe	Mn	Cu	Zn	pH	EC
سانتی متر	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد
۰-۲۵	۰/۵	۳۳/۵	۰/۰۸۸	۰/۴۷	۳۴۰	۱۱/۴	۹/۳	۱۸/۵	۲/۱	۴/۶	۷/۷۳	۰/۳۶
۲۵-۶۰	۰/۵	۳۶/۰	۰/۰۷۷	-	۲۴۵	۱۰/۳	-	-	-	-	۷/۷۶	۰/۶۶

جدول ۳- مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده

منبع آب	EC dS/m	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	مجموع		SAR
						کاتیون‌ها	آنون‌ها	
چاه	۰/۴۴	۷/۳۳	۱/۲۸	۱/۷۶	۱/۰۰	۴/۰۴	۲/۸۵	۰/۷۹

برای تعیین تیمارهای آبیاری از تخلیه رطوبتی خاک استفاده گردید. بدین منظور با اندازه‌گیری رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، مقدار آب قابل استفاده گیاه در خاک محاسبه گردید. تأمین ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده در خاک به عنوان تیمار شاهد و سایر تیمارها به عنوان درصدی از این مقدار منظور گردید. برای دستیابی به این هدف، در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری رطوبت خاک در عمق ریشه گیاه به روش وزنی تعیین و با استفاده از رابطه زیر مقدار آب آبیاری به نحوی محاسبه گردید که رطوبت خاک تا عمق ریشه به حد ظرفیت مزرعه برسد:

آبیاری در زمان اجرای آزمایش به صورت قطره‌ای - نواری^۱ طی ۱۶ نوبت و به طور متوسط هر هفت روز یکبار انجام شد. برای این آزمایش، سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری طراحی و اجرا گردید. در این روش آبیاری، آب تحت فشار کم (حدود ۰/۶ بار) به‌صورت قطره‌ای و به‌طور ممتد به اندازه نیاز در اختیار گیاه قرار داده می‌شد. به منظور کوددهی همراه با آب آبیاری از روش تزریق با ایجاد اختلاف فشار استفاده شد. برای اجرای کود- آبیاری، محلول کودی مناسب هر تیمار تهیه و از طریق سیستم تزریق گردید.

جدول ۴- ترکیب کودی توصیه شده برای ذرت

نوع کود	مقدار مصرفی (کیلوگرم در هکتار)
اوره	۵۰۰
کلرور پتاسیم	۵۰
فسفات دی آمونیم	۱۰۰
سولفات آهن،	۴۰
سولفات منگنز	۴۰
سولفات روی	۷۵
سولفات مس	۲۰
اسید بوریک	۲۰

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، درصد و مقدار پروتئین ذرت علوفه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین
کود	۴	۴۶۸۵۱۴۶۷**	۱۲**	۱۲۹۴۱۶۸**
آب	۳	۲۶۸۷۰۷۱۳۱**	۴۱**	۳۶۱۹۱۶۷**
کود * آب	۱۲	۳۲۶۷۱۰۷**	۱۲**	۱۶۰۴۸۲**
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۸۹	۸/۰۷	۷/۹۷

** معنی دار در سطح یک درصد

محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری به کمک نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، درصد پروتئین و مقدار پروتئین در ذرت علوفه‌ای در جدول (۵) ارائه شده است و نشان می‌دهد که عملکرد دانه و مقدار پروتئین تحت تأثیر میزان آبیاری، مقدار کود مصرفی و اثر متقابل این دو عامل قرار می‌گیرد. جدول‌های (۶) و (۷) به ترتیب اثر تیمارهای آبیاری و اثر تیمارهای کودی را بر عملکرد دانه، درصد پروتئین و مقدار پروتئین در ذرت علوفه‌ای و مقایسه میانگین را با آزمون دانکن در سطح یک درصد در تیمارهای مختلف آبیاری و کودی نشان می‌دهند.

بررسی اثر تیمارهای آبیاری

عملکرد دانه، درصد پروتئین و مقدار پروتئین نشان داد اختلاف بین تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار است. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف آب، عملکرد دانه و پروتئین افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۱۸۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین عملکرد پروتئین (۲۱۲۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۲۰ درصد آبیاری (I₄) بود که اختلاف معنی‌داری در سطح درصد با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری نداشت. از طرفی تیمار ۶۰ درصد آبیاری (I₁) با عملکردهای دانه و پروتئین به ترتیب با

$$d_n = (\theta_{FC} - \theta_i) \times \rho_b \times D \quad (1)$$

که در آن θ_{FC} درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی، θ_i درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر) و d_n عمق خالص آبیاری بر حسب سانتی‌متر است (۴).

برای تعیین مقدار عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ابتدا نمونه‌های خاک از چند نقطه مزرعه تهیه و آنالیز گردید. ترکیب کودی توصیه شده برای ذرت، بر اساس نتیجه تجزیه خاک به صورت جدول (۴) بود (۵).

تمامی کود فسفره به میزان مورد نیاز هر گیاه از منبع فسفات دی آمونیوم تأمین گردید و به دلیل حلالیت پایین و عدم امکان مصرف آن به روش کود-آبیاری در تمام تیمارهای آزمایشی قبل از شخم به طور یکنواخت در سطح خاک پخش و شخم زده شد. در روش کود-آبیاری متناسب با مراحل مختلف رشد، کودهای ازت و پتاسیم در پنج نوبت و کودهای دارای عناصر میکرو در چهار نوبت با فواصل ۱۴ روزه طی فصل رشد مصرف گردید. در طول فصل رشد عملیات مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز در تمام تیمارها صورت گرفت. بعد از رسیدن محصول، در هر تیمار محصول کرت‌ها با حذف حاشیه‌ها از سطح ۲/۹۳ متر مربع برداشت و نمونه‌ها برای تعیین عملکرد دانه و درصد پروتئین به آزمایشگاه ارسال گردید (طبق روش‌های معمول آزمایشگاهی) و با تعیین درصد پروتئین در هر تیمار مقدار پروتئین به روش معمول

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه، درصد و مقدار پروتئین ذرت علوفه‌ای در تیمارهای آبیاری

تیمار	آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)	درصد پروتئین	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
			دانه
I ₁	۶۴۰۰	۱۱/۴ b	۹۳۶۳ c
I ₂	۷۴۴۰	۱۳/۹ a	۱۴۵۵۱ b
I ₃	۸۴۲۰	۱۱/۸ b	۱۸۰۱۵ a
I ₄	۹۵۴۰	۹/۹ c	۱۸۵۷۰ a

* میانگین های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر پایه آزمون چند دامنه دانکن و در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه، درصد و مقدار پروتئین ذرت علوفه‌ای در تیمارهای کودی

تیمار	درصد پروتئین	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
		دانه
F ₀	۱۰/۵ c	۱۲۸۴۲ c
F ₁	۱۰/۹ bc	۱۳۴۶۳ c
F ₂	۱۱/۹ ab	۱۵۳۳۴ b
F ₃	۱۲/۸ a	۱۶۴۳۲ ab
F ₄	۱۲/۶ a	۱۷۵۵۲ a

* میانگین های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر پایه آزمون چند دامنه دانکن و در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

(۱۲۰ درصد توصیه کودی) با عملکرد پروتئین ۲۱۸۸ کیلوگرم در هکتار پروتئین، بیشترین عملکرد پروتئین و تیمار F₃ (۱۰۰ درصد توصیه کودی) با ۱۲/۸ درصد پروتئین، بیشترین درصد پروتئین را به خود اختصاص داده است اما با مصرف مقادیر بیشتری کود، درصد پروتئین کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش مصرف کود، عملکرد دانه افزایش یافته به طوری که تیمار ۱۲۰ درصد توصیه کودی با ۱۷۵۵۲ کیلوگرم در هکتار دانه بیشترین عملکرد را دارا بود.

بررسی اثر متقابل تیمارهای آب و کود

با بررسی اثر متقابل آب و کود، می‌توان دقیق‌تر به علت میزان تاثیرگذاری تیمارهای مختلف کودی روی عملکرد دانه و پروتئین پرداخت. از آنجایی که اثرگذاری کود در حضور مقادیر متفاوت آب مختلف خواهد بود و به عبارتی تیمارهای کودی در حضور آب کافی می‌توانند کاملاً اثر گذار باشند (۷). لذا به نظر می‌رسد بخشی از تفاوت تاثیر تیمارهای کودی ناشی از تفاوت در تیمارهای تامین نیاز آبی باشد که تفاوت در این خصوص نیازمند بررسی اثر متقابل تیمارهای طرح می‌باشد.

بررسی اثر متقابل تیمارهای آب و کود بر عملکرد دانه

در شکل (۱) اثر متقابل تیمارهای مختلف تامین نیاز آبی و سطوح مختلف کود روی عملکرد دانه نشان داده شده است. چنان که دیده می‌شود صرفنظر از سطح کود مصرفی، افزایش میزان آب

مقادیر ۹۳۶۳ و ۱۰۵۴ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد را به خود اختصاص داد. تیمار ۸۰ درصد آبیاری حداکثر درصد پروتئین (۱۳/۹ درصد) را داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که با مصرف مقادیر بیشتری آب، درصد پروتئین به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد به طوری که تیمار ۱۲۰ درصد آبیاری، کمترین درصد پروتئین (۹/۹ درصد) را دارا بود. چنان که دیده می‌شود صرفنظر از سطح کود مصرفی، با افزایش میزان آب از ۶۰ درصد تامین نیاز آبی به ۱۰۰ درصد آن، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین به طور یکنواخت تاثیر پذیرفته‌اند و لذا درصد پروتئین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری ندارند. از طرفی با افزایش میزان آب مصرفی (مازاد بر نیاز آبی) با آنکه عملکردها تا حد کمی نسبت به تیمار ۱۰۰٪ افزایش داشته است ولی چون عملکرد دانه و پروتئین به طور یکنواخت تحت تاثیر نبوده‌اند (دانه بیش از پروتئین افزایش داشته است) لذا درصد پروتئین کاهش یافته است. نتایج این تحقیق از نظر دستیابی به حداکثر عملکرد در شرایط بدون تنش با نتایج کامپوس و همکاران (۲۰۰۶)، زیبا و همکاران (۲۰۰۵)، کامارا و همکاران (۲۰۰۳)، کرناک و همکاران (۲۰۰۳)، پندی و همکاران (۲۰۰۰) و پالات و همکاران (۱۹۹۵) مطابقت دارد (۱۱، ۲۸، ۱۸، ۱۹، ۲۴ و ۲۵).

بررسی اثر تیمارهای کودی

اثر سطوح مختلف کود بر عملکرد دانه، درصد پروتئین و مقدار پروتئین در جدول (۷) ارائه شده است. از نظر عملکرد دانه اختلاف بین تیمارهای کودی در سطح یک درصد معنی‌دار است. تیمار F₄

آنها روندهای مختلف صعودی-نزولی داشته است. اما در یک قضاوت کلی می‌توان ادعا کرد که اگر هدف افزایش سهم درصد پروتئین دانه باشد، اعمال تیمارهای کم آبیاری خفیف (I_2) در حضور تیمارهای کودی کامل (F_3 و F_4) می‌تواند نتایج خوبی در پی داشته باشد. اعمال تیمار آبیاری I_4 شدیداً باعث کاهش درصد پروتئین شده است که این موضوع نیز چنان که قبلاً اشاره شد فرضیه شستشوی کود نیتروژن در حضور تیمارهای پرآبیاری است.

بررسی اثر متقابل تیمارهای آب و کود بر عملکرد پروتئین

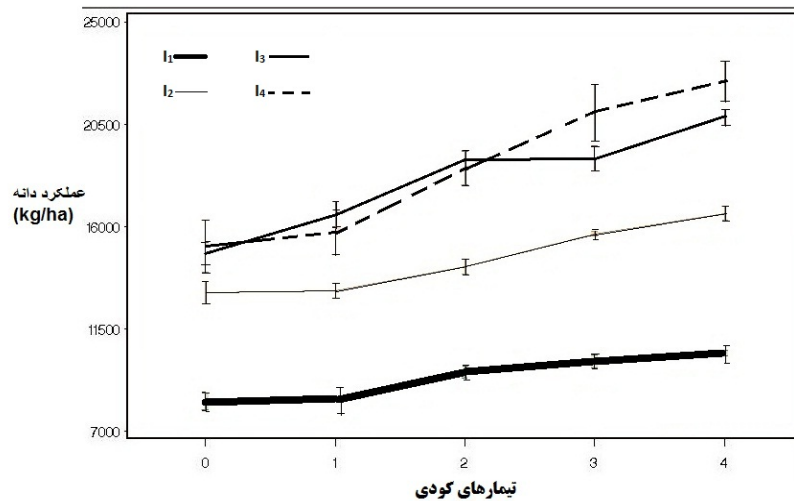
در شکل (۳) اثر متقابل آب و کود بر عملکرد پروتئین آورده شده است. مشابه شکل (۱) اعمال تیمار کم آبیاری I_1 باعث افت شدید عملکرد پروتئین شده است اما مقایسه تاثیر دیگر تیمارها نشان می‌دهد که افزایش سطوح کود مصرفی به همراه بالا بردن مصرف آب اثر مثبت بر عملکرد پروتئین دارد. لکن اعمال تیمار پرآبیاری (I_4) نتوانسته است تاثیر مثبت خود را حفظ نماید که علت این موضوع را نیز می‌توان به پتانسیل آبشویی نیتروژن در حضور تیمارهای پرآبیاری ارتباط داد.

مصرفی از I_1 به I_2 تاثیر قابل توجهی روی عملکرد داشته است لذا می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که در کشت ذرت در منطقه طرح اعمال تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی شدیداً عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اجرای این‌گونه مدیریت کم آبیاری در برنامه ریزی آبیاری توصیه نمی‌گردد.

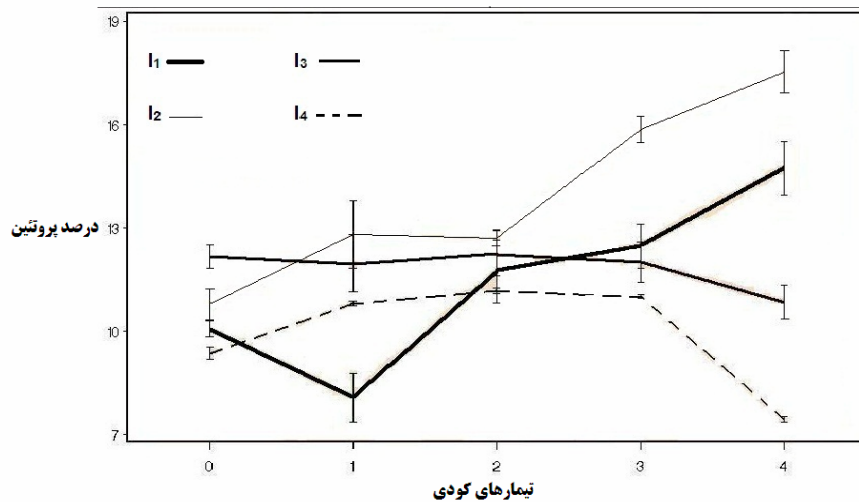
از طرفی تلافی منحنی‌های مربوط به تیمارهای I_3 و I_4 بیانگر این مطلب است که با افزایش سطوح مصرف کود، عملکرد روند افزایشی داشته است لیکن نرخ افزایش عملکرد دانه همراه با افزایش کود مصرفی در حضور تیمار I_3 (۱۰۰ درصد نیاز آبی) تندتر بوده است. به نظر می‌رسد علت این موضوع را بتوان این‌گونه توجیه نمود که اعمال تیمار I_4 موجبات شستشوی بیشتر کودهای نیتروژنه را قبل از استفاده گیاه فراهم می‌نموده و لذا کارائی مصرف آن پائین‌تر است. بنابراین با توجه به پتانسیل آلوده کنندگی منابع آب زیرزمینی به‌وسیله کودهای نیتروژن شسته شده و با لحاظ کردن جنبه اقتصادی موضوع، اعمال تیمار I_4 توصیه نمی‌گردد.

بررسی اثر متقابل تیمارهای آب و کود بر درصد پروتئین:

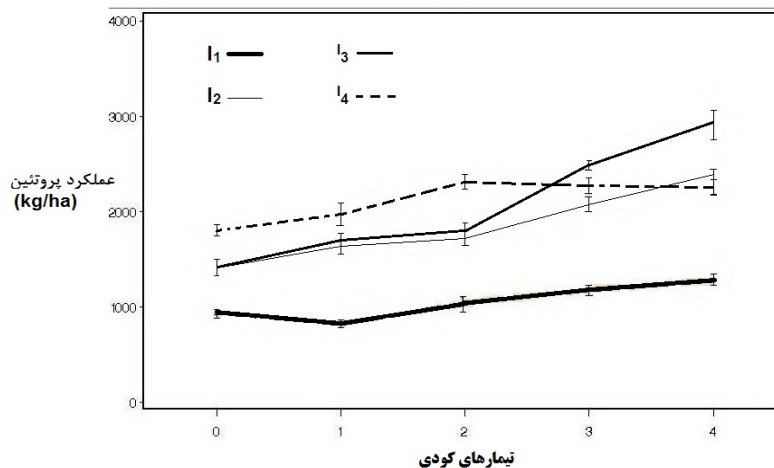
در شکل (۲) اثرات متقابل آب و کود بر درصد پروتئین نشان داده شده است. با در نظر داشتن نتایج جدول‌های (۶) و (۷) و با دقت در شکل (۲)، چنان که دیده می‌شود به لحاظ اینکه عملکرد پروتئین و عملکرد دانه هر دو به طور متمایز و گاهاً مخالف متاثر از تغییر تیمارهای آب و سطوح کود قرار می‌گیرند لذا اثر متقابل



شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای مختلف تامین نیاز آبی و سطوح مختلف کود روی عملکرد دانه



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای مختلف تامین نیاز آبی و سطوح مختلف کود روی درصد پروتئین



شکل ۳- اثر متقابل تیمارهای مختلف تامین نیاز آبی و سطوح مختلف کود روی عملکرد پروتئین

مقایسه نتایج میانگین مقادیر اندازه گیری شده و بررسی تاثیر متقابل تیمارهای آب و کود نشان می‌داد که صرفنظر از هدف کاشت گیاه ذرت، اعمال تیمار کم آبیاری (I₁) هم بر عملکرد دانه و پروتئین و هم بر سهم پروتئین تاثیر بسیار منفی خواهد داشت و قطعاً از منظر اقتصادی این گونه مدیریت توصیه نمی‌گردد. از طرفی با توجه به تنوع تاثیر مقادیر مختلف آب و کود که در قسمت‌های مختلف این مقاله به آن پرداخته شد تصمیم نهائی در خصوص تیمار مناسب آب و سطح مصرف کود نیازمند تحلیل اقتصادی طرح داشته و بستگی به قیمت این نهاده‌ها و ارزش محصول هدف خواهد داشت. اما به عنوان یک توصیه کلی اعمال تیمار I₃ به همراه سطح مصرف کود F₃ در شرایط مشابه طرح توصیه می‌گردد.

از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی باعث دستیابی به کمترین عملکرد دانه گردید. به طوری که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل به دست آمد. اما با توجه به نتایج به دست آمده، حداکثر درصد پروتئین در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود، عملکرد دانه و پروتئین افزایش یافت به طوری که حداکثر عملکرد در تیمار ۱۲۰ درصد توصیه کودی مشاهده شد. افزایش کود تا سطح ۱۰۰ درصد ترکیب کودی توصیه شده باعث افزایش درصد پروتئین گردید و از آن به بعد با افزایش کود، درصد پروتئین کاهش نشان داد. بر این اساس بیشترین میزان پروتئین در تیمار با بیشترین عملکرد دانه در تیمار کودی ۱۲۰ درصد ترکیب کودی توصیه شده به دست آمد.

منابع

۱. حامدی، ف.، جعفری، ح.، قادری، ج.، و ر. زنگنه ۱۳۸۴. مقایسه سیستم آبیاری قطره ای نواری و سطحی از طریق سطوح مختلف نیاز آبی بر عملکرد ذرت، نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. صفحه ۱۲۰.
۲. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۳. جذب آب و تعرق. انتشارات کمیته ملی خشکی و خشکسالی کشاورزی، ۱۹۴ صفحه.
۳. سیلیسپور، م.، جعفری، ب. و ح. ملاحسینی. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تراکم بوته و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت (Sc 301). مجله پژوهش در علوم کشاورزی، جلد ۲، شماره ۲، صفحه ۱۳-۲۴.
۴. علیزاده، ا. ۱۳۸۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ دوم، ۳۵۳ صفحه.
۵. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک "مشکلات و راه حلها". انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، چاپ دوم. ۵۱۸ صفحه.
۶. منصوری فر، س.، مدرس ثانوی، ع. م. و م. جلالی جوران. ۱۳۸۳. تأثیر تنش خشکی و کمبود نیتروژن بر تغییرات کمی و کیفی پروتئین های محلول در برگ ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۶، شماره ۳، صفحه ۲۱۲-۲۲۵.
۷. نور محمدی، ق.، سیادت، ع. و ع. کاشانی. ۱۳۸۹. زراعت جلد اول (غلات). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ نهم، ۴۴۶ صفحه.
8. Belder, P., Spiertz, J. H., Bouman, B. A. M., Lu, G. and T. P. Tuong. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. *Field Crops Research*, 93:169-185.
9. Bullock, D. G., Gascho. G. J. and D. R. Summer. 1990. Grain yield, stalk root and mineral concentration of fertigated corn as influenced by NPK. *Journal of Plant Nutrition*, 13(8): 915-937.
10. Calir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89(1):1- 16.
11. Campos, H., Cooper, M., Edmeades, G. O., Loffler, C., Schussler, J. R. and M. Ibanes. 2006. Changes in drought tolerance in maize associated with fifty years of breeding for yield in the U.S. corn belt. *Maydica*, 51:369- 381.
12. Choukan, R., Abdolhadi, H., Ghanadha, M. R., Warburton, M. L., Talei, A. L. and S.A. Mohammadi. 2006. Use of SSR data to determine relationships and potential heterotic groupings within medium to late maturing Iranian maize inbred lines. *Field Crop Research*, 95:212-222.
13. Dasgupta, j. and J.D. Bewley. 1984. Variation in protein synthesis in different regions of greening leaves of barley seedlings and effects of imposed water stress. *The Journal of Experimental Botany*, 35: 1450- 1459.
14. Earl, H. J. and R. F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95:688-696.
15. Fabry, C. J. 1985. Fertigation with drip trickle irrigation in the eastern United States. In: drip-trickle irrigation in action. Proceeding of The Third. International Drip Irrigation congress, PP. 346- 356, American Society of Agricultural Engineers, Niles Road, USA.
16. Feng bin, S. and D. J. Ying. 2000. Effect of drought stress on growth and development of female inflorescence and yield of maize. *Journal of Jilin Agricultural University*, 22(1): 18 - 22.
17. Hera, C., Popescu, S., Idriceanu, A., Cremenscu, G. and F. Ionescu. 1988. Studies on the influence of fertilizers on the protein content and yields of wheat and maize. *Analele Institutului de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice*, Fundulea 56: 189-203.

18. Kamara, A. Y., Menkir, A., Badu- Apraku, B. and O. Ibikunle. 2003. The influence of drought stress on growth, yield and yield components of selected maize genotypes. *Journal of Agricultural Science*, 141(1):43- 50.
19. Krnak, H. and C. Genkoglan. 2003. Effects of deficit irrigation on the yield and growth of the succeeding crop under harran plain conditions. *Zirrat- Fakultesi- Dergisi,- Ataturk- Universities*, 34(2): 117-123.
20. Lauer, D. A. 1984. Nitrogen uptake patterns potatoes with high- frequency sprinkler- applied N-fertilizer. *Agronomy Journal*, 77(2): 193- 197.
21. Moscheler, W. W., Shear, G. M. and D. C. Martens. 1972. Comparative yield fertilizer efficiency of nitrogen no tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal*, 64(2):229-231.
22. Norwood, C. A. 2000. Water use and yield of limited irrigation and dry land corn. *Soil Science Society of America Journal*, 64:365-370.
23. Osborne, S. L., Scheppers, J. S., Francis, D. D. and M. R. Schlemmer. 2002. Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop Science*, 42(1):165-171.
24. Pandy, R. K., J.W Maranville, M.M Chetima. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment, shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*, 46(1):15-27.
25. Plaut, Z. 1995. Sensitivity of crop plants to water stress at specific developmental stages, reevaluation of experimental findings. *Israel Journal of Plant Sciences*, 43: 99- 111.
26. Prasad, K. and P. Singh. 1990. Response of promising rainfed maize (*Zea Mays L.*) varieties to nitrogen application in north- western Himalacyan region. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 60(7): 475- 477.
27. Reed, A. J., Singletary, G. W., Schussler, J. R., Williamson, D. R. and A. L. Christy. 1988. Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number, and yield of maize. *Crop Science*, 28(5): 819- 825.
28. Xiao, Y. N., George, M. L., Zhang, S. H. and Y. L. Zheng. 2005. Quantitative trait locus analysis of drought tolerance and yield in maize in China. *Plant Molecular Biology Reporter*, 23(2): 155- 165.
29. Yildirim, O., Selenay, F., Yildirim, Y. E. and A. Ozturk. 1996. Corn. Grain yield of response to adeauate and deficit irrigation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25:347-350.