مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد هشتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۶۷-۸۴
www.jcri.ir

ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد بور و روی بر عملکرد و خصوصیات کیفی پنبه رقم ورامین در یک خاک آهکی

محسن سیلسپور

استادیار بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۵

چکیده

طی یک آزمایش مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در یک خاک آهکی با ۰/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بور قابل جذب و ۰/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی قابل جذب، اثر کاربرد بور و روی بر خصوصیات کمی و کیفی پنبه رقم ورامین (*Gossypium hirstitum var Varamin*) با طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در قالب فاکتوریل با ۱۶ تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمار بور شامل چهار سطح مصرف بور از منبع اسید بوریک (صفر، ۵ و ۱۰کیلوگرم در هکتار مصرف در خاک و یک تیمار برگ‌پاشی) و تیمار روی شامل چهار سطح مصرف روی از منبع سولفات روی (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار مصرف در خاک و یک تیمار برگ‌پاشی) در نظر گرفته شدند. اثر بور، اثر روی و اثر متقابل بور و روی بر عملکرد وش، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی الیاف پنبه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد وش، تعداد غوزه در بوته، وزن تک‌غوزه، فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته و طول الیاف از تیمار برگ‌پاشی توأم بور و روی، هر کدام با غلظت پنج در هزار، حاصل شد. جهت حصول به حداکثر عملکرد وش و ارتقای خصوصیات کیفی الیاف، مصرف توأم روی و بور به صورت برگ‌پاشی با غلظت پنج در هزار، دو بار در طول دوره رشد، توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: وش، الیاف، برگ‌پاشی، طول الیاف، میان‌گره

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات صنعتی است که نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی ایفا می‌نماید و صنایعی چون روغن‌کشی و نساجی به این محصول وابسته‌اند (اته و

*نویسنده مسئول: mseilsep@yahoo.com

آرپوز، ۲۰۱۱). تولید وش در ایران سالانه ۱۵۴ هزار تن می‌باشد که رتبه سوم محصولات صنعتی می‌باشد و از نظر سطح زیر کشت، پنبه با ۷۲ هزار هکتار، رتبه نخست سطح زیر کشت محصولات صنعتی کشور را دارا می‌باشد. خراسان رضوی، گلستان، فارس و خراسان جنوبی، دارای مقام‌های اول تا چهارم سطح برداشت پنبه کشور می‌باشند (بی نام، ۱۳۹۶). یکی از روش‌های افزایش عملکرد در هکتار محصولات زراعی، تغذیه بهینه گیاه می‌باشد و برای حصول به حداکثر عملکرد، عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف باید به مقدار کافی در اختیار گیاه باشند (اته و آرپوز، ۲۰۱۱) در بین عناصر غذایی کم-مصرف، پنبه به کمبود روی به‌شدت حساس است (کاسار و کاتکت، ۲۰۰۷).

در خاک‌های آهکی، از جمله خاک‌های مناطق خشک کشور، روی به فرم‌های غیرمحلول کربنات روی و هیدرواکسیدروی در می‌آید و به شدت از حلالیت آن کاسته می‌شود. در چنین شرایطی، افزودن کودهای حاوی روی به خاک برای افزایش عملکرد پنبه ضروری است (کاسار و کاتکت، ۲۰۰۷). بور نیز از جمله عناصر کم‌مصرف است که برای گیاهان عالی ضروری است. بور در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و انتقال این مواد تاثیر دارد (سیدیکی و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج تحقیقات نشان داده است که بور ضروری‌ترین عنصر کم‌مصرف برای پنبه است و برای تولید گرده، گل‌دهی و رشد غوزه حیاتی است (ریتر و همکاران، ۲۰۱۳)، به همین دلیل است که پنبه نیاز بالایی به بور دارد، به‌طوری که این گیاه در هر هکتار، برای تولید مناسب، به ۴۲۰ گرم بور نیاز دارد (بوریروم و سومرو، ۲۰۱۶). طبق تحقیقات صورت گرفته، در خاک‌های آهکی، قابلیت جذب بور به‌شدت کاهش می‌یابد و باعث بروز کمبود بور در گیاه می‌گردد (روچستر، ۲۰۰۷). کمبود بور، انتقال آب و عناصر غذایی را به نقاط رشد گیاه محدود می‌کند و موجب کاهش گل‌دهی و رشد غوزه پنبه می‌گردد (هاولین و همکاران، ۲۰۰۵). کمبود بور در پنبه موجب ریزش گل وغوزه، تولید الیاف غیریکنواخت، کوتاهی میان‌گره و عدم پاسخ گیاه به نیتروژن و پتاسیم می‌گردد (ماین، ۲۰۱۲). نتایج تحقیقات نشان داده است که از بین عناصر کم‌مصرف، کمبود بور و روی، بیش از سایر عناصر کم‌مصرف، باعث محدودیت رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (آراجو و همکاران، ۲۰۱۳). این روابط بسیار متغیر و پیچیده هستند و ممکن است درون سلول یا ریزوسفر گیاه اتفاق بیفتند (مورگان و کانلی، ۲۰۱۳).

نتایج پژوهش ها نشان داده است که عملکرد وش، تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه با مصرف بور یا روی، یا مصرف توام این عناصر در خاک افزایش معنی‌دار داشته است (سومرو و همکاران، ۲۰۰۱). این نتایج نشان می‌دهد که حداکثر ارتفاع بوته به میزان ۱۳۷ سانتی‌متر در مقابسه با شاهد (۱۱۳ سانتی‌متر) از کاربرد برگ‌پاشی توأم بور و روی هر یک با غلظت یک درصد (۱۰ در هزار) به‌دست آمده است (بوریروم و سومرو، ۲۰۱۶). هم‌چنین برگ‌پاشی توأم بور و روی هر یک با غلظت یک درصد موجب شد عملکرد وش از ۲۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به ۳۱۷۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد غوزه در بوته از

۲۴ عدد به ۳۷ عدد و طول الیاف پنبه نیز از ۲۷/۴ میلی‌متر به ۲۸/۲ میلی‌متر ارتقا یابد (بوریروم و سومرو، ۲۰۱۶). نتایج مشابهی نیز در این خصوص مبنی بر افزایش عملکرد وش، افزایش تعداد گل، غوزه و ارتفاع گیاه با برگپاشی توأم بور و روی گزارش شده است (اوسترهویس، ۲۰۰۱). نتایج مطالعات انجام شده در سطح ۱۲ مزرعه در منطقه ورامین نیز نشان داد که کاربرد برگی بور و روی باعث افزایش عملکرد وش به میزان ۳۲ و ۳۹ درصد نسبت به شاهد گردیده است (رضایی، ۱۳۷۶). طی مطالعه دیگری، در اثر کاربرد بور به‌صورت اسید بوریک (محلولپاشی در ۳ مرحله) عملکرد محصول وش پنبه، در مزرعه ای با بور قابل جذب ۰/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۱۷ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد و شاخص میکرونر نیز افزایش یافت، هم چنین برگ‌پاشی سولفات‌روی باعث افزایش ۲۱ درصدی عملکرد وش پنبه شد (سیلسپور، ۱۳۷۹). با توجه به این که تاکنون تحقیق جامعی در داخل کشور در خصوص اثرات کاربرد بور و روی بر خصوصیات کمی و کیفی پنبه انجام نشده است، این پژوهش با هدف ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد این عناصر و مقایسه روش‌های مصرف در خاک و مصرف به‌صورت برگ‌پاشی انجام شد. هم چنین مطالعه اثرات مقادیر مختلف این عناصر بر خصوصیات کیفی الیاف از اهداف دیگر این پژوهش بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه اثر کاربرد بور و روی بر خصوصیات کمی و کیفی پنبه رقم ورامین، یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله (۹۴-۹۳) با طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در قالب فاکتوریل با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار در یک خاک آهکی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران اجرا شد. عامل بور در چهار سطح از منبع اسید بوریک (شاهد، بدون مصرف اسید بوریک، مصرف خاکی اسید بوریک به مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار، مصرف خاکی اسید بوریک به مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار و برگ‌پاشی با محلول اسید بوریک با غلظت ۵ در هزار) و عامل روی نیز در چهار سطح از منبع سولفات‌روی (شاهد، بدون مصرف سولفات‌روی، مصرف خاکی سولفات‌روی به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار، مصرف خاکی سولفات‌روی به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار و برگ‌پاشی با محلول سولفات‌روی با غلظت ۵ در هزار) بود.

کاشت پنبه رقم ورامین در نیمه دوم اردیبهشت ماه به‌صورت دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول شش متر و به فاصله ۸۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری به‌صورت فاروئی و بر اساس کتاب نیاز آبی گیاهان و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (فرشی و همکاران، ۱۳۷۷). قبل از اجرای آزمایش از خاک محل اجرای آزمایش نمونه مرکب خاک تهیه و جهت تجزیه عناصر شیمیایی به آزمایشگاه شیمی خاک

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران ارسال شد و با روش‌های رایج موسسه تحقیقات خاک و آب(علی احیایی، ۱۳۷۶) تجزیه شد(جدول۱). برگ‌پاشی در طول دوره رشد در دو نوبت، ۳۰ روز پس از کاشت و شروع گلدهی (۷۵ روز پس از کاشت)، صبح زود انجام شد. مصرف کلیه کودهای پایه شامل نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص)، فسفر (۵۰ کیلوگرم P_2O_5) و پتاسیم (۵۰ کیلوگرم K_2O) و سایر عناصر کم‌مصرف بر اساس آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت (ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۴). تمام کود فسفره و پتاسه قبل از کاشت و کود نیتروژن در دو نوبت (یک سوم هنگام تنک و دو سوم قبل از گل‌دهی) مصرف شدند. نیتروژن از منبع اوره، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم تأمین شد. عملیات برداشت با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط آزمایش روی دو خط وسط هر کرت آزمایش انجام شد و نتایج برداشت محصول پس از توزین مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در هر کرت آزمایشی، پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و هنگام برداشت این بوته‌ها، میانگین ارتفاع، میانگین تعداد غوزه در بوته، وزن تک غوزه و فاصله میان‌گره اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. خصوصیات کیفی الیاف شامل استحکام با استفاده از دستگاه استلومتر، ظرافت الیاف با استفاده از دستگاه میکرونر و طول الیاف با استفاده از دستگاه HVI در آزمایشگاه تکنولوژی الیاف موسسه تحقیقات پنبه با استفاده از روش‌های معمول اندازه گیری گردید.

جدول ۱-نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

		واحد	مقدار
هدایت الکتریکی	EC	$dS.m^{-1}$	۱/۲
واکنش	pH	-	۷/۴
درصد اشباع	SP	%	۴۸
کربن آلی	OC	%	۰/۶
فسفر قابل جذب	Ava.P	$mg.kg^{-1}$	۱۶
پتاسیم قابل جذب	Ava.k	$mg.kg^{-1}$	۲۴۰
آهن قابل جذب	Ava.Fe	$mg.kg^{-1}$	۵/۱
منگنز قابل جذب	Ava.Mn	$mg.kg^{-1}$	۸/۲
روی قابل جذب	Ava.Zn	$mg.kg^{-1}$	۰/۵۳
مس قابل جذب	Ava.Cu	$mg.kg^{-1}$	۱/۲
بور قابل جذب	Ava.B	$mg.kg^{-1}$	۰/۴۲
رس	Clay	%	۲۴
سیلت	Silt	%	۴۴
شن	Sand	%	۳۲

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمایش نشان داد کـه اثـر روی، اثـر بـور و اثـر متقابـل روی و بـور بـر عملکرد وش، عملکرد الیاف، تعداد غوزه در بوته، میانگین وزن غوزه، فاصله میان‌گـره و ارتفـاع بوتـه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است (جدول۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد وش	تعداد غوزه در بوته	میانگین وزن غوزه	فاصله میان‌گره	ارتفاع بوته	الیاف
سال	۱	۳۵۴۴۷^{ns}	۱۰۴۰**	۰/۹۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۱۹۷۷**	۶۲۱۱۳۸**
تکرار در سال	۴	۱۱۶۲۱۸۹**	۱۲۱**	۱/۱۳^{ns}	۰/۶۸^{ns}	۱۰۷۷**	۳۳۷۷۷۸**
عامل روی	۳	۶۶۷۸۰۸۶**	۲۴۳**	۱۵/۴**	۳۳/۱۶**	۶۲۵**	۹۲۲۳۸۴**
عامل روی در سال	۳	۳۷۶۳۹۴^{ns}	۶۱/۸**	۱/۰۸^{ns}	۰/۵۰^{ns}	۱/۶^{ns}	۸۴۶۰**
عامل بور	۳	۷۳۹۶۶۹۲**	۴۳۲**	۱۹/۶**	۴۸/۹**	۱۸۲۳**	۹۱۵۰۸۲**
عامل بور در سال	۳	۴۴۴۱۴^{ns}	۴۵/۸**	۰/۲۴^{ns}	۱/۳۰^{ns}	۵/۶**	۴۲۵۰^{ns}
اثر متقابل بور و روی	۹	۶۵۹۷۷۹*	۶/۴*	۱/۱*	۱/۴*	۳۴/۱**	۹۱۶۶**
سال در بور در روی	۹	۸۱۹۳۵^{ns}	۶/۳*	۴/۴^{ns}	۰/۴۴^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۵۰۴^{ns}
اشتباه	۶۰	۳۰۴۷۱۹	۲/۹	۳۳/۷	۰/۵۷	۰/۸۷	۱۶۳۴
ضریب تغییرات	-	۸/۹	۵/۶	۱۱/۲	۹/۸	۸/۷	۱۰/۵

درج علائم *، ** و ^{ns} به‌ترتیب به معنای وجود تفاوت آماری معنی دار در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم وجود تفاوت آماری است.

اثر روی و بور بر میانگین عملکرد وش و اجزای عملکرد در جداول ۳ و ۴ درج شده است.

جدول۳-اثر ساده روی بر میانگین عملکرد وش واجزای عملکرد

تیمار	عملکرد وش ($kg.ha^{-1}$)	تعداد غوزه در بوته	میانگین وزن‌غوزه(g)	فاصله میان گره (cm)	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد الیاف ($kg.ha^{-1}$)
بدون مصرف روی (Zn_0)	۳۶۸۸c	۲۵/۳b	۳/۲b	۵/۷b	۷۸/۳b	۱۲۷۲b
مصرف روی (۳۰ کیلوگرم در هکتار در خاک) (Zn_{30})	۴۳۳۱b	۳۱/۸a	۴/۸a	۸/۱a	۸۷/۸a	۱۶۶۰a
مصرف روی (۶۰کیلوگرم در هکتار در خاک) (Zn_{60})	۴۶۲۰a	۳۰/۴a	۴/۷a	۷/۸a	۸۶/۶a	۱۶۸۶a
برگ‌پاشی روی (Zn_F)	۴۷۳۵a	۳۲/۲a	۴/۸a	۸/۱a	۹۰a	۱۶۵۲a

طبق آزمون چند دامنه ای دانکن، برای هر پارامتر اندازه گیری شده، بین اعدادی که حروف مشابه انگلیسی دارند، تفاوت آماری معنی-داری در سطح پنج درصد وجود ندارد.

جدول۴- اثر ساده بور بر میانگین عملکرد وش واجزای عملکرد

تیمار	عملکردوش ($kg.ha^{-1}$)	تعداد غوزه در بوته	میانگین وزن غوزه (g)	فاصله میان-گره (cm)	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد الیاف ($kg.ha^{-1}$)
بدون مصرف بور (B_0)	۳۶۳۶^{b}	۲۳/۶^{b}	۳/۰^{b}	۵/۳^{b}	۷۲/۶^{b}	۱۲۷۷^{b}
مصرف بور (۵ کیلوگرم در هکتار در خاک) (B_5)	۴۷۱۳^{a}	۳۱/۴^{a}	۴/۶^{a}	۸/۱^{a}	۸۹/۷^{a}	۱۶۴۵^{a}
مصرف بور (۱۰کیلوگرم در هکتار در خاک) (B_{10})	۴۷۷۰^{a}	۳۲/۳^{a}	۴/۹^{a}	۸/۳^{a}	۸۹/۶^{a}	۱۶۹۱^{a}
برگ‌پاشی بور(B_F)	۴۷۵۴^{a}	۳۲/۴^{a}	۴/۹^{a}	۸/۱^{a}	۹۰/۷^{a}	۱۶۶۱^{a}

طبق آزمون چند دامنه ای دانکن، برای هر پارامتر اندازه گیری شده، بین اعدادی که حروف مشابه انگلیسی دارند، تفـاوت آمـاری معنـی-داری در سطح پنج درصد وجود ندارد.

اثر متقابل روی و بور نیز بر میانگین عملکرد وش و اجزای عملکرد در جدول ۵ درج شده است.

جدول۵-اثرمتقابل روی و بور بر میانگین عملکرد وش واجزای عملکرد

تیمار		عملکرد وش ($kg.ha^{-1}$)	تعداد غوزه در بوته	میانگین وزن غوزه (g)	فاصله میان‌گره (cm)	ارتفاع‌بوته (cm)	عملکردالیاف ($kg.ha^{-1}$)
B_0	Zn_0	۳۵۰۰^{b}	۲۰/۹^{g}	۲/۷^{b}	۴/۵^{a}	۶۶^{g}	۱۰۵۸^{g}
B_5	Zn_0	۳۶۴۱^{b}	۲۵/۸^{de}	۳/۰^{b}	۶/۰^{b}	۸۱^{e}	۱۲۹۳^{f}
B_{10}	Zn_0	۳۷۹۹^{b}	۲۷/۶^{d}	۳/۵^{b}	۶/۰^{b}	۸۲^{f}	۱۳۷۶^{e}
B_F	Zn_0	۳۹۱۱^{b}	۲۶/۶^{de}	۳/۵^{b}	۶/۲^{b}	۸۴^{d}	۱۳۷۳^{e}
B_0	Zn_{30}	۳۴۸۶^{b}	۲۴/۷^{ef}	۲/۹^{b}	۵/۷^{bc}	۷۱^{f}	۱۳۳۴^{ef}
B_5	Zn_{30}	۵۱۲۵^{a}	۳۳/۶^{abc}	۵/۳^{a}	۸/۹^{a}	۹۳a^{b}	۱۷۶۳^{bcd}
B_{10}	Zn_{30}	۵۳۸۵^{a}	۳۴/۴^{a}	۵/۴^{a}	۹/۱^{a}	۹۲^{bc}	۱۸۰۱^{ab}
B_F	Zn_{30}	۵۳۲۷^{a}	۳۴/۱^{ab}	۵/۵^{a}	۸/۷^{a}	۹۴^{a}	۱۷۴۴^{cd}
B_0	Zn_{60}	۳۶۵۶^{b}	۲۳/۸^{f}	۳/۵^{b}	۵/۰^{cd}	۷۱^{f}	۱۳۶۳^{e}
B_5	Zn_{60}	۵۰۱۵^{a}	۳۲/۳^{b}	۴/۹^{a}	۸/۶^{a}	۹۱^{c}	۱۷۸۸^{abc}
B_{10}	Zn_{60}	۴۹۲۷^{a}	۳۲/۰^{c}	۵/۲^{a}	۸/۷^{a}	۹۲^{bc}	۱۸۲۰^{a}
B_F	Zn_{60}	۴۸۸۳^{a}	۳۳/۶^{abc}	۵/۳^{a}	۸/۹^{a}	۹۱^{c}	۱۷۷۲^{abc}
B_0	Zn_F	۳۹۰۵^{b}	۲۴/۷e^{f}	۳/۰^{b}	۵/۹^{b}	۸۱^{e}	۱۳۵۳^{e}
B_5	Zn_F	۵۰۷۰^{a}	۳۳/۸a^{bc}	۵/۱^{a}	۸/۸^{a}	۹۳^{ab}	۱۷۳۴^{d}
B_{10}	Zn_F	۴۹۶۹^{a}	۳۵/۰^{a}	۵/۵^{a}	۹/۰^{a}	۹۲^{bc}	۱۷۶۷^{bcd}
B_F	Zn_F	۴۹۹۷^{a}	۳۵/۱^{a}	۵/۶^{a}	۸/۹^{a}	۹۳^{ab}	۱۷۵۳^{bcd}

طبق آزمون چند دامنه ای دانکن، برای هر پارامتر اندازه گیری شده، بین اعدادی که حروف مشابه انگلیسی دارند، تفاوت آماری معنی-داری در سطح پنج درصد وجود ندارد.

اثر روی و بور بر عملکرد وش و الیاف پنبه: اثر روی، اثر بور و اثر متقابل روی و بور بر عملکـرد وش پنبه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). مصرف روی در خاک و مصرف روی به صـورت برگ‌پاشی، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد وش به میزان ۲۵ و ۲۸ درصد نسبت به شـاهد گردیـد. امـا تفاوت آماری معنی‌داری بین مصرف روی به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتـار و بـرگ‌پاشـی روی مشـاهده نشد (جدول ۳). هم‌چنین مصرف بور در خاک و مصـرف بـور بـه‌صـورت بـرگ‌پاشـی، موجـب افـزایش معنی‌دار عملکرد وش به میزان ۲۹ و ۳۰ درصد نسبت به شـاهد شـد. تفـاوت آمـاری معنـی‌داری بـین مصرف بور در خاک و برگ پاشی بور مشاهده نشد (جدول ۴). در کلیه تیمارهای مصـرف روی، مصـرف بور باعث افزایش عملکرد محصول شد. حداکثر عملکرد وش از تیمار برگ‌پاشی روی و بـور بـا میـانگین عملکرد ۴۹۹۷ کیلوگرم محصـول وش در هکتـار بـه دسـت آمـد. عملکـرد ایـن تیمـار تفـاوت آمـاری معنی‌داری با عملکرد تیمار مصرف روی و بور در خاک نداشت (جدول۵). اثر روی و اثر بور و اثر متفابل روی و بور بر عملکرد الیاف پنبه نیز معنی‌دار بود (جدول۲). مصرف روی در خـاک و بـرگ‌پاشـی روی، موجب افزایش ۳۰ درصدی عملکرد الیاف پنبه شد. هم‌چنین مصرف بور در خاک و برگ‌پاشـی بـور بـه ترتیب موجب افزایش ۲۸/۸ و ۳۰ درصدی عملکرد الیاف پنبه گردید، ضمن آن‌که تفاوت آماری معنی-دار بین روش مصرف خاکی یا برگ‌پاشی روی و بور مشاهده نشد(جدول۳ و ۴). اثـر متقابـل روی و بـور بر عملکرد الیاف پنبه نیز معنی‌دار بود. در کلیه تیمارهای مصرف روی، مصرف بور باعث افزایش عملکرد الیاف پنبه شد. تیمار مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌روی به همراه ۲۰ کیلوگرم در هکتار اسـید-بوریک به‌صورت مصرف در خاک، مناسب‌ترین تیمار برای حصول به حـداکثر عملکـرد الیـاف پنبـه بـه میزان ۱۸۲۰ کیلوگرم در هکتار، بود. علت افزایش عملکرد پنبه با کاربرد بـور بـه نقـش ایـن عنصـر در تشکیل دیواره سلولی، رشد لوله گرده، پایداری غشای سلولی و تشکیل دانه (اوسـترهویس و ژو، ۲۰۰۶) و دخالت مستقیم این عنصر در متابولیسم ریبونوکلوئیک‌اسید، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی باز می‌گردد. هم‌چنین بور در فرایندهای فیزیولوژیکی که جذب و انتقال عناصر کم مصـرف مثـل مـس، آهن، منگنز و روی را کنترل می‌کند نیز، دخالت دارد (ویمر و ایچرت، ۲۰۱۳). پنبه از گیاهانی است که نیاز بالایی به بور دارد و نسبت به کمبود بور، حساس اسـت و نتـایج موفقیـت‌آمیـزی از کـاربرد بـور در افزایش عملکرد وش به‌دست آمده است (عبید و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج به دست آمده توسط سایر محققین مطابقت داشت. به عنوان مثال، در یک تحقیق، کاربرد یک کیلوگرم در هکتـار بـور بـه صـورت بـرگ‌پاشـی موجـب افـزایش ۲۵ درصدی عملکرد الیاف پنبه نسبت به شاهد شد (رشیدی و سیلسپور، ۲۰۱۱). طی پژوهشـی دیگـر، در اثر برگ‌پاشی بور، عملکرد وش و الیـاف (بـه میـزان ۴۰ درصـد بیشـتر از شـاهد)، افـزایش پیـدا کـرد

(دورداس، ۲۰۰۰). نتایج مطالعات گلخانه‌ای نیز نشان داده است که رشد پنبه و میزان ماده خشک تولیدی در اثر مصرف بور افزایش می‌یابد (اوسترهویس و ژو، ۲۰۰۶). یافته‌های پژوهشی نشان داده است که حتی زمانی که علایم ظاهری کمبود بور در گیاه پنبه شاهده نمی‌شود نیز گیاه پنبه به کاربرد بور پاسخ مثبت نشان می‌دهد (لیاقت و همکاران، ۲۰۱۱).

برگ‌پاشی روی نیز در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد پنبه موثر واقع شده است. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد روی به صورت برگ‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد وش شده است (ساوان و همکاران، ۲۰۰۸). کاربرد ۷/۵ کیلوگرم روی در هکتار در یک خاک آهکی با روی قابل جذب ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم، موجب افزایش ۱۵ درصدی عملکرد وش در مقایسه با شاهد (۲۶۲۰ کیلوگرم در هکتار) گردیده است (احمد و همکاران، ۲۰۱۵). رضایی (۱۳۷۶) در ورامین نیز گزارش کرد که مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌روی، عملکرد پنبه را ۳۹ درصد نسبت به شاهد (۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش داد. روی در ساخت انواع پروتئین‌ها از جمله کربنیک‌آنهیدراز و سوپراکسیددیسموتاز نقش دارد. کمبود این عنصر باعث کاهش میزان فتوسنتز در گیاه می‌گردد (آسونکا و همکاران، ۲۰۱۳)، به همین دلیل، با مصرف روی عملکرد وش و الیاف پنبه افزایش پیدا می‌کند. محققان بر این عقیده‌اند که اثر متقابل روی و بور، فرایندهای متابولیکی مختلفی را در گیاه از طریق ساخت مواد یا محدودیت در جذب سایر عناصر غذایی، تحت تاثیر قرار می‌دهد (بکستر، ۲۰۰۹).

اثر روی و بور بر میانگین تعداد غوزه در بوته پنبه: اثر ساده روی و اثر ساده بور و اثر متقابل روی و بور بر میانگین تعداد غوزه در بوته معنی‌دار بود (جدول۲). مصرف روی در خاک و برگ‌پاشی روی به‌ترتیب موجب افزایش ۲۵/۶ و ۲۷ درصدی تعداد غوزه در بوته شد، ضمن آن که تفاوت آماری معنی‌داری بین روش مصرف خاکی با برگ‌پاشی روی مشاهده نشد (جدول ۳). هم‌چنین مصرف بور در خاک و برگ‌پاشی روی به‌ترتیب موجب افزایش ۳۳ و ۳۷ درصدی تعداد غوزه در بوته شد، ضمن آن که تفاوت معنی‌دار آماری بین روش مصرف خاکی یا برگ‌پاشی بور مشاهده نشد (جدول۴). اثر متقابل روی و بور نیز بر تعداد غوزه در بوته معنی‌دار بود. در کلیه تیمارهای مصرف روی، مصرف بور باعث افزایش غوزه در بوته شد. مناسب‌ترین تیمار برای تولید حداکثر تعداد غوزه در بوته، تیمار برگ‌پاشی روی و بور با میانگین ۳۵/۱ غوزه در بوته بود. تعداد غوزه در بوته این تیمار تفاوت آماری معنی‌داری با تعداد غوزه در بوته تیمار مصرف خاکی روی و بور نداشت (جدول۵).

نتایج به دست آمده از این پژوهش، با نتایج به دست آمده توسط سایر پژوهشگران مطابقت داشت. در این راستا، نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تعداد غوزه در بوته با کاربرد روی به‌شکل معنی‌داری افزایش می‌یابد (کومار، ۲۰۱۸). در تائید این موضوع، طی پژوهشی، کاربرد ۷/۵ کیلوگرم روی در هکتار موجب شد تعداد غوزه در بوته از ۲۴ عدد به ۲۸ عدد افزایش یابد (احمد، ۲۰۰۹). طی پژوهش

دیگری، تعداد غوزه در بوته با مصرف ۵ کیلوگرم سولفات‌روی در خاک در هکتار از ۳۴ به ۴۹ عدد افزایش پیدا کرد (کالری و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داده است که کاربرد روی به‌صورت برگ‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار تعداد غوزه در بوته شده است (عبداله، ۲۰۱۳). نتایج پژوهش‌های صورت گرفته مبتنی بر افزایش تعداد غوزه در بوته و تعداد غوزه در متر مربع، در اثر برگ-پاشی بور بوده است (دورداس، ۲۰۰۶). هم‌چنین، نتایج پژوهش‌ها حاکی از افزایش تعداد غوزه در بوته با مصرف ۲/۵ کیلوگرم بور در هکتار به صورت مصرف در خاک می‌باشد (احمد، ۲۰۰۹). بور با تشدید انتقال مواد فتوسنتزی از منبع (برگ‌ها) به مخزن (غوزه‌ها) باعث کاهش ریزش گل و غوزه می‌گردد و باعث افزایش تعداد غوزه در بوته و عملکرد وش می‌گردد (ژو و اوسترهویس، ۲۰۰۳.، دورداس، ۲۰۰۶). افزایش تعداد غوزه پنبه با برگ‌پاشی توأم بور و روی گزارش شده است (اوسترهویس، ۲۰۰۱)، به گونه-ای که برگ‌پاشی توأم بور و روی هر یک با غلظت یک درصد موجب شد تعداد غوزه در بوته از ۲۴ عدد به ۳۷ عدد ارتقا یابد (بوریرام و سومرو، ۲۰۱۶).

اثر روی و بور بر میانگین وزن غوزه پنبه: اثر خالص روی و اثر خالص بور و اثر متقابل روی و بور بر میانگین وزن غوزه معنی‌دار بود (جدول۲). مصرف روی در خاک و برگ‌پاشی روی موجب افزایش ۵۰ درصدی وزن غوزه شد، ضمن آن که تفاوت آماری معنی‌دار بین روش مصرف خاکی یا برگ‌پاشی روی مشاهده نشد (جدول۳). همچنین مصرف بور در خاک و برگ‌پاشی بور به ترتیب موجب افزایش ۵۳ و ۶۳ درصدی وزن غوزه شد، ضمن آن که تفاوت آماری معنی‌دار بین روش مصرف خاکی یا برگ‌پاشی بور بر میانگین وزن غوزه مشاهده نشد (جدول۴). در کلیه تیمارهای مصرف روی، مصرف بور باعث افزایش وزن غوزه شد. مناسب‌ترین تیمار برای حصول به حداکثر وزن غوزه، تیمار برگ‌پاشی روی و بور با میانگین وزن غوزه ۵/۶ گرم بود. وزن غوزه این تیمار تفاوت آماری معنی‌داری با وزن غوزه تیمار مصرف خاکی روی و بور نداشت (جدول۵). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد روی به صورت برگ‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار وزن غوزه در بوته شده است (ساوان و همکاران، ۲۰۰۸). طی پژوهشی دیگر، میانگین وزن غوزه در اثر برگ‌پاشی بور افزایش پیدا کرده است (دورداس، ۲۰۰۶). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز حاکی از افزایش معنی‌دار وزن غوزه، در اثر کاربرد بور در یک خاک آهکی بوده است، به گونه‌ای که کاربرد یک کیلوگرم در هکتار بور به‌صورت برگ‌پاشی موجب افزایش ۲۵ درصدی وزن غوزه نسبت به تیمار شاهد شد (رشیدی و سیلسپور، ۲۰۱۱). سایر مطالعات نیز حاکی از اثر مثبت روی در افزایش وزن غوزه در پنبه می‌باشد (نیاز، ۲۰۱۰). نتایج تحقیقات الفولی و رابینسون (۲۰۰۱) در مصر نشان می‌دهد که برگ‌پاشی بوته پنبه با محلول روی باعث افزایش ۱۴ درصدی عملکرد وش می‌شود. آنان اذعان دارند که مصرف محلول‌های حاوی عناصر عناصر کم‌مصرف به ویژه روی با بنیان

EDTA، باعث افزایش محصول وش پنبه می‌شود که این افزایش ناشی از افزایش تعداد غوزه‌های رسیده و کامل باز شده می‌باشد.

اثر روی و بور بر فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته پنبه: فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته از شاخص‌های رشدی پنبه می‌باشند. در اثر کمبود بور، نقاط مریستمیک گیاه از جمله جوانه انتهایی ساقه بدشکل می‌شود و از بین می‌رود. هم چنین در اثر کمبود روی، پنبه رشد طولی کافی نمی‌کند و گیاه کوتاه باقی می‌ماند (سیلسپور، ۲۰۰۶.، اوسترهیوس و ژو، ۲۰۰۶). اثر خالص روی و اثر خالص بور و اثر متقابل روی و بور بر میانگین فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته پنبه معنی‌دار بود (جدول۲). مصرف روی در خاک و برگ‌پاشی روی موجب افزایش ۴۲ درصدی فاصله میان‌گره گردید. هم‌چنین مصرف روی در خاک و مصرف روی به صورت برگ‌پاشی به‌ترتیب موجب افزایش ۱۲ و ۱۵ درصدی ارتفاع بوته پنبه شد، ضمن آن که تفاوت آماری معنی‌دار بین روش مصرف خاکی یا برگ‌پاشی روی بر این صفات مشاهده نشد (جدول۳). هم‌چنین مصرف بور در خاک و برگ‌پاشی بور موجب افزایش ۵۲ درصدی فاصله میان‌گره و افزایش ۲۴ درصدی ارتفاع بوته پنبه شد، ضمن آن که تفاوت معنی‌دار آماری بین روش مصرف خاکی یا برگ‌پاشی بور بر این صفت مشاهده نشد (جدول ۴). در کلیه تیمارهای مصرف روی، مصرف بور باعث افزایش فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته پنبه شد. مناسب‌ترین تیمار برای حصول به حداکثر فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته پنبه، تیمار برگ‌پاشی روی و بور با میانگین فاصیه میان‌گره و ارتفاع بوته ۸/۹ و ۹۳ سانتی‌متر بود. فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته پنبه این تیمار تفاوت آماری معنی‌داری با فاصله میان‌گره و ارتفاع بوته پنبه تیمار مصرف خاکی روی و بور نداشت (جدول۵). نتایج مشابهی از اثربخشی برگ‌پاشی بور توسط سایر محققین به‌دست آمده است (گورموس، ۲۰۰۵.، شارما، ۲۰۱۶). افزایش فاصله میان‌گره به میزان ۱۰/۳ درصد نسبت به شاهد (۲/۹۲ سانتی‌متر) با کاربرد بور از منبع بوراکس به میزان ۲/۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. هم‌چنین افزایش ارتفاع گیاه به میزان ۲۲/۵ درصد نسبت به شاهد (۸۹ سانتی‌متر) با کاربرد بور از منبع بوراکس به میزان ۳ کیلوگرم در هکتار نیز گزارش شده است (دورداس، ۲۰۰۶). نتایج سایر پژوهش ها نیز حاکی از افزایش ۲۷ درصدی ارتفاع بوته و چهار درصدی تعداد میان‌گره ساقه اصلی با کاربرد بور می‌باشد (ژو و اوسترهویس، ۲۰۰۳).

کمبود بور موجب کاهش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول نقاط مریستمیک گیاه می‌گردد، بر همین اساس برگ‌پاشی بور با غلظت ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بور در لیتر موجب افزایش ۷، ۹ و ۱۰ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شاهد شد (دورداس، ۲۰۰۶). در خاک های آهکی، از جمله خاک‌های مناطق خشک کشور، روی به فرم‌های غیرمحلول کربنات‌روی و هیدرواکسیدروی در می‌آید و به شدت از حلالیت آن کاسته می‌شود. در چنین شرایطی، افزودن کودهای حاوی روی به خاک موجب افزایش رشد پنبه می‌گردد (کاسار و کاتکت، ۲۰۰۷). بور نیز از جمله عناصر کم‌مصرف است که در متابولیسم

کربوهیدرات‌ها و انتقال این مواد تاثیر دارد و در خاک های دچار کمبود بور، افزودن آن موجب رشد پنبه می‌گردد (سیدیکی و همکاران، ۲۰۰۷).

خصوصیات کیفی الیاف: اثر روی، اثر بور و اثر متقابل روی و بور بر طول، استحکام و ظرافت الیاف پنبه معنی‌دار بود (جدول۶).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمایش در مورد خصوصیات کیفی الیاف پنبه

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول الیاف	استحکام الیاف	ظرافت الیاف
سال	۱	۲۱۰**	۱۹۴**	۶/۸**
تکرار در سال	۴	۶۵**	۶۱**	۱/۹**
عامل بور	۳	۱۳**	۵/۸**	۳/۷**
عامل بور در سال	۳	۰/۰۳**	۰/۰۱۷**	۰/۰۰۹**
عامل روی	۳	۱۳**	۶/۲۴**	۳/۷**
عامل روی در سال	۳	۰/۰۳**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۹**
اثر متقابل بور و روی	۹	۰/۴۳**	۰/۰۶۱**	۰/۰۶۳**
سال در بور در روی	۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰
اشتباه	۶۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات	-	۵/۴	۷/۴	۴/۶

درج علائم *،** و ^{ns} به ترتیب به معنای وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم وجود تفاوت آماری است.

اثر روی و اثر بور بر میانگین خصوصیات کیفی الیاف در جداول ۶ و ۷ درج شده است.

جدول۶-اثر ساده روی بر میانگین خصوصیات کیفی الیاف

تیمار	طول الیاف(mm)	استحکام الیاف($g.txt^{-1}$)	ظرافت الیاف(Micronaire)
بدون مصرف روی	۲۷/۰۰^{b}	۲۶/۴۰^{b}	۴/۴۲^{b}
مصرف روی (۳۰ کیلوگرم در هکتار در خاک)	۲۸/۴۱^{a}	۲۷/۳۵^{a}	۵/۲۰^{a}
مصرف روی (۶۰کیلوگرم در هکتار در خاک)	۲۸/۴۸^{a}	۲۷/۴۰^{a}	۵/۱۵^{a}
برگپاشی روی	۲۸/۵۴^{a}	۲۷/۴۰^{a}	۵/۲۵^{a}

طبق آزمون چند دامنه ای دانکن، برای هر پارامتر اندازه گیری شده، بین اعدادی که حروف مشابه انگلیسی دارند، تفاوت آماری معنی داری در سطح پنج درصد وجود ندارد.

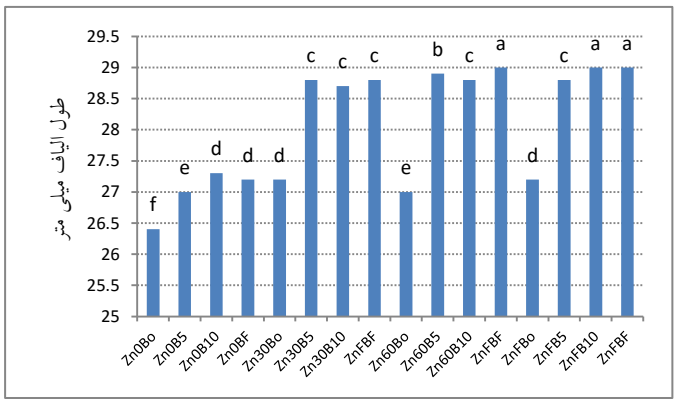
جدول۷- اثر ساده بور بر میانگین خصوصیات کیفی الیاف

تیمار	طول الیاف (mm)	استحکام الیاف ($g.txt^{-1}$)	ظرافت الیاف (Micronaire)
بدون مصرف بور	۲۶/۹۷^{b}	۲۶/۳۸^{b}	۴/۴۲^{b}
مصرف بور(۵ کیلوگرم در هکتار در خاک)	۲۸/۴۳^{a}	۲۷/۳۸^{a}	۵/۱۸^{a}
مصرف بور (۱۰کیلوگرم در هکتار در خاک)	۲۸/۴۸^{a}	۲۷/۴۵^{a}	۵/۲۲^{a}
برگپاشی بور	۲۸/۵۴^{a}	۲۷/۳۶^{a}	۵/۲۰^{a}

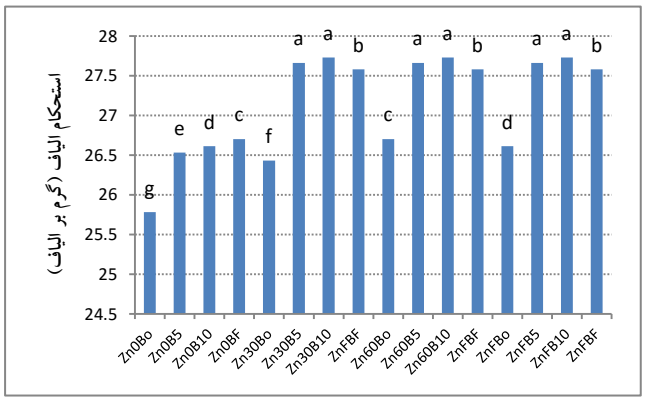
طبق آزمون چند دامنه ای دانکن، برای هر پارامتر اندازه گیری شده، بین اعدادی که حروف مشابه انگلیسی دارند، تفاوت آماری معنی داری در سطح پنج درصد وجود ندارد.

خصوصیات کیفی الیاف تحت تاثیر اثر متقابل روی و بور قرار گرفت (جدول ۶). مصرف روی و مصرف بور موجب افزایش معنی‌دار طول، استحکام و ظرافت الیاف پنبه شد. مصرف روی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار و برگ‌پاشی روی موجب افزایش ۵/۱ درصدی طول الیاف پنبه شد. هم‌چنین مصرف بور به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار و برگ‌پاشی بور موجب افزایش ۵/۳ درصدی طول الیاف پنبه شد. مصرف روی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار و برگ‌پاشی روی موجب افزایش ۱۷ درصدی استحکام الیاف پنبه شد. هم چنین مصرف بور به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار و برگ‌پاشی بور موجب افزایش ۱۷ درصدی استحکام الیاف پنبه شد. تفاوت آماری معنی‌داری بین روش مصرف خاکی یا برگ‌پاشی عناصر بور و روی‌خصوصیات کیفی الیاف پنبه مشاهده نشد (جداول۶ و ۷). اثر متقابل روی و بور بر خصوصیات کیفی الیاف پنبه معنی‌دار بود (جدول۶). بیشترین طول الیاف پنبه از تیمار برگ پاشی روی و بور به میزان ۲۹ میلی‌متر به دست آمد که ۹ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل۶). بیشترین میزان استحکام الیاف پنبه از تیمار برگ پاشی روی و مصرف خاکی ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار به میزان ۲۷/۶ گرم نیرو بر الیاف به دست آمد که ۷/۵ درصد از تیمار شاهد بیشتر بود (شکل۷). بیشترین میزان ظرافت الیاف پنبه نیز از تیمار برگ‌پاشی روی و مصرف خاکی ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار به میزان ۵/۵۳ به دست آمد که ۳۷ درصد از تیمار شاهد بیشتر بود (شکل۸). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققان مطابقت داشت. نتایج پژوهش‌های انجام شده در دنیا موید ارتقای خصوصیات کیفی الیاف پنبه با کاربرد بور و روی می‌باشد. طی مطالعه‌ای، طول الیاف پنبه رقم VH-275 با برگ‌پاشی بور (۳۷ گرم در هکتار) از ۲۹/۶ به ۳۲/۶ میلی‌متر و ظرافت الیاف پنبه نیز از ۴/۶ به ۵/۲ ارتقا پیدا کرد (احمد ، ۲۰۰۹). نتایج تحقیقات ۱۱ ساله بومان و وسترمن (۲۰۰۴) نشان می‌دهد که بور باعث افزایش ظرافت الیاف و در نتیجه افزایش شاخص میکرونر می‌شود. نتایج یوسوپوف

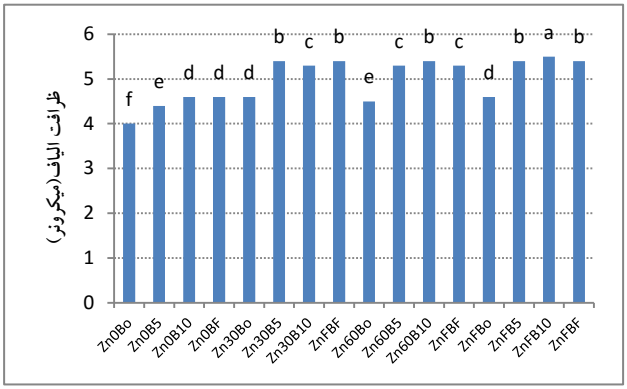
و همکاران (۲۰۰۱) نیز بر افزایش طول الیـاف پنبـه در اثـر مصـرف بـور دلالـت دارد. مطالعـات عبیـد (۲۰۰۷) نیز موید افزایش طول الیاف پنبه و ظرافت آن با کاربرد بور می باشد. مطالعات الایـان (۲۰۰۷) در یونان نیز موید ارتقای خصوصیات کیفی الیاف پنبه از جمله طول الیاف با کاربرد عناصر کـم مصـرف از جمله بور و روی می‌باشد.



شکل۶-اثر متقابل بور و روی بر طول الیاف پنبه



شکل۷- اثر متقابل بور و روی بر استحکام الیاف پنبه



شکل۸- اثر متقابل بور و روی بر ظرافت الیاف پنبه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بور و روی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی الیاف پنبه دارند و موجب ارتقای این صفات در پنبه می‌شوند. جهت حصول به حداکثر عملکرد وش و ارتقای خصوصیات کیفی الیاف، مصرف هر دو عنصر بور و روی در شرایط خاک محل اجرای آزمایش ضروری است. بنابراین، مصرف توأم روی و بور به صورت برگ‌پاشی با غلظت پنج در هزار، دو بار در طول دوره رشد، توصیه می‌گردد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با استفاده از اعتبارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (www.areeo.ac.ir) انجام شد که قدردانی می‌گردد. هم‌چنین از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (www.tehran.areeo.ac.ir) که ملزومات اجرای این پژوهش را فراهم آوردند، تشکر می‌گردد.

منابع

Anonymous. 2016. The Causes of Decline in Cotton Production in Iran. Research Center of Parliament of Islamic Republic. Vice Chancellor for Infrastructure Research and Production Affairs. No. 15426

Abdullah, A.M. and Mohamed H.F.Y. 2013. Effect of foliar application of some micronutrients and growth regulators on some Egyptian cotton cultivars. Journal of Applied Sciences Research, 9(6): 3497-3507.

Ahmad, S., Akhtar, L.H., Ahmad, S. and Nasim. M. 2015. Cotton (Gossypium hirsutum L.) varieties responded differently to foliar applied zinc in terms of quality and yield. Soil and Environment. 28(1): 88-92

Ahmed, N., 2009. Establishment soil and plant tissue boron and zinc requirement for cotton in calcareous soils of Pakistan. Ph.D. thesis. University College of agriculture, Bahauddin Zakarya University. Pakistan.

Aliehyaie, M. 1997. Methods of chemical analysis of soil. Soil and Water Research Institute. Karaj. Iran (In Persian).

Araújo, E.O. Santos, E.F. and Camacho, M.A. 2013. Absorption of calcium and magnesium by cotton plant grown under different concentrations of boron and zinc. Agrária (Recife. Online). 8:383-389.

Assunção, A.G.L., Persson, D.P., Husted, S., Schjørring, J.K., Alexander, R.D. and Aarts, M.G.M. 2013. Model of how plants sense zinc deficiency. Metallomics. 5:1110–1116.

Baxter, I. 2009. Ionomics: studying the social network of mineral nutrients. Current Opinion in Plant Biology. 12:381–386.

Boman, R.K. and Westerman. R.L. 2004. Nitrogen and mepiquat chloride effects on the production of nonrank, irrigated, short season cotton. Journal of Production Agriculture. 7: 70–75.

Burirom, M., and Soomro, S. 2016. Effect of foliar applied boron, zinc and urea on growth and yield of cotton. Science International. (Lahore), 28(4): 4113-4117.

Dordas, C. 2006. Foliar boron application affects lint and seed yield and improves seed quality of cotton grown on calcareous soils. Nutrient Cycling *in* Agroecosystems. 76: 19-28.

Elayan S.E.D. 2008. Effect of foliar application of some micronutrients on growth, yield and fiber properties on some Egyptian cotton cultivars. Egyption Journal of Applied Science., 23(4B): 469-485.

Elfouly, R and Rabinson. G. 2001. Response of cotton Giza 83 to some micronutrients. Assian Journal of Agriculture science. 22: 351-366

Ete, L. and Yarpuz, E. 2011. The effect of zinc application methods on seed cotton yield, lint and seed quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in east Mediterranean region of Turkey. African Journal of Biotechnology. 10(44): 8782-8789

Farshi, A.A., Jarallahi, R., Ghaemi, M.R. and Shahabi, M. 1998. Estimated Water Requirements for Crops and Orchards in the Country. Agriculture education publication, Karaj, Iran (In Persian).

Havlin, J.L., Beaton, D., Tisdale, S.L. and Nelson. W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers. 7th ed. Pearson Education Inc., Upper Saddle River, NJ.

Kacar, B. and Katkat A.V. 2007. Fertilizers and Technique of Fertilizing. 2nd Press, Nobel Publishing Company, Publication No: 1119, Ankara-Turkey.

Kaleri, A.H., Kalari, A.A. and Shabana, M. 2017. Effect of Different Levels of Zinc on the Growth and Yield of Cotton (Gossypium hirsutum L) Crop Journal of Basic and Applied Sciences, 13: 307-310

Kumar, S., Komar, D. and Sekhon. K.S. 2018. Influence of Levels and Methods of Boron Application on the Yield and Uptake of Boron by Cotton in a Calcareous Soil of Punjab. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 49: 4.

Liaqat, A., Mushtaq, A. and Mohyuddin, Q. 2011. Effect of foliar application of zinc and boron on seed cotton yield in cotton-wheat cropping patern. J. Agri. Res., 49(2)

Main, C.L. 2012. Cotton Production in Tennessee. University of Tennessee Extension:W288.doi:http://www.utcrops.com/cotton/PDF%20files/W288-Production Guide.pdf

Morgan, J.B. and Connolly, E.L. 2013. Plant-Soil Interactions: Nutrient Uptake. Nature Education Knowledge 4: 2.

Niaz, A., Muhammad, A. and Abdul. R. 2010. 'Zinc Fertilization Impact on Irrigated Cotton Grown in an Aridisol: Growth, Productivity, Fiber Quality, and Oil Quality', Communications in Soil Science. and Plant Analysis, 41(13): 1627-1643

Oosterhuis, D.M. 2001. "Physiology and nutrition Sulphur, Magnesium and Micronutrients in of high yielding cotton in the USA". Informações Agronômicas Piracicaba, 95: 18-24

Oosterhuis, D. M. and Zhao, D. 2006. Effect of boron deficiency on the growth and carbohydrate metabolism of cotton. Developments in Plant and Soil Sciences 92: 166-167.

Rashidi, M. and Seilsepour, M. 2011. Response of yield, yield components and fiber properties of cotton to different application rates of nitrogen and boron. Journal of Environment Science. 5: 1147-1154.

Reiter, M.S. 2013. Cotton Fertility. In. Herbert et al., editors, Virginia Cotton Production Guide. College of Agriculture and Life Science, Virginia Tech, Blacksburg, VA. pp. 1-4.

Rezaie, H. 2008. Investigating the effects of fertilizer application of iron, zinc and boron on increasing cotton production in Varamin province, MSc. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (In Persian).

Rochester, I. 2007. Nutrient uptake and export from an Australian cotton field. Nutrient Cycling in Agroecosystem systems, 77: 213-223

Sawan, Z. and Amal, H. 2008. Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). Journal of Plant Ecology, 1(1): 259-270.

Seilsepour, M. 2000. Investigating the Effect of Micronutrition on Quantitative and Qualitative Characteristics of Cotton Varamin Varamin, Seventh Iranian Congress of Soil Science, and Shahrekord, Iran (In Persian).

Seilseour, M. 2006. Investigating the effect of spraying micronutrient-based solutions on the quantitative and qualitative properties of cotton in varamin variety, final report, Deputy of Cotton Research Institute of Iran, Varamin, Iran (In Persian).

Siddiky, M.A., Halder, N.K., Ahammad, K.U., Anam, K. and Rafiuddin, M. 2007. Response of brinjal to zinc and boron fertilization. International Journal of Sustainable Agricultural Technology 3(3): 40-45.

Soomro, A.W., Arain, A.S., Soomro, A.R., Tunio, G.H., Chang, M.S., Leghari, A.B. and Magsi, M.R. 2001. Evaluation of proper fertilizer application for higher cotton production in Sindh. OnLine Journal of Biological Sciences. 1(4): 295-297.

Wimmer, M.A. and Eichert, T. 2013. Review: mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. Plant Science. 203:25–32.

Yusupov, S.H., Pirakhunov, T.P. and Halileva, A.S. 2001. Effectiveness of mineral fertilizers with added trace elements on cotton stands under conditions of Golodna steppe, Agrokhimiya. 3: 89-92.

Zhao, D. and Oosterhuis. D.M. 2003. Cotton growth and physiological responses to boron deficiency. Journal of Plant Nutrition. 26: 855-867.

Ziaian, A., Seilsepour, M. and Ghoushchi, F. 2004. Principals of cotton nutrition. Marze Danesh press. Tehran. Iran (In Persian).