ارزیابی فنی اثر کاربرد آب مغناطیسی در تولید ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی خوسف

مهدی شکاری[۱،*]، باقر عمادی[۲]، محمدحسین آقاخانی[۲]، رضا خراسانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی، گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: shekarium@gmail.com

چکیده

امروزه آب به عنوان یک کالای اقتصادی نقش اساسی در تولیدات کشاورزی دارد. اصلاح آب‌آبیاری بدون اضافه کردن مواد شیمیایی و سمی موجب تامین نیاز آبی و کودی شده و خاک نیز به مرور اصلاح خواهد شد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی تاثیر میدان مغناطیسی بر میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای در شهرستان خوسف می باشد. به منظور ارزیابی اثر آب مغناطیسی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در مزرعه تحقیقاتی روستای تقاب در سال زراعی ۹۲-۹۳ آزمایشی به صورت فاکتوریل ۴×۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.فاکتورهای مورد مطالعه شامل i) سطوح مختلف مقدار میدان مغناطیسی در چهار سطح با مقادیر صفر به عنوان شاهد،، ۴۷/۶، ۱۰۷/۱ و ۱۶۸/۵ میکروتسلا و ii) دو سطح کود پتاسیم با مقادیر صفر به عنوان شاهد و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده میدان مغناطیسی بر عملکردذرت علوفه‌ای معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود؛ به‌طوری که بیش‌ترین عملکرد با ۳۹/۹۵ تن در هکتار برای تیمار ۱۶۸/۵ میکرو تسلا حاصل شد. عدم استفاده از شدت میدان مغناطیسی نیز با ۳۶/۵۵ تن بر هکتار کمترین عملکرد را در بین مقادیر مختلف میزان شدت میدان مغناطیسی مورد بررسی داشت. در سطح مصرف کود پتاسیم با ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار بیشترین عملکرد با ۳۹/۹۵ تن بر هکتار به دست آمد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شدت میدان مغناطیسی سبب افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب‌آبیاری، خوراک دام، عملکرد، میدان مغناطیسی

مقدمه

در طی پنجاه سال گذشته، پیشرفت فناوری تولید مواد شیمیایی، انقلابی را در تولید محصولات کشاورزی به‌وجود آورده است (Vasilevski, 2003). با شروع انقلاب صنعتی که دو عامل مهم آن استفاده از ارقام پرمحصول و کودپذیر گیاهان زراعی و به‌کاگیری کودهای شیمیایی بودند، تولید محصولات کشاورزی دگرگون و رشد فزاینده‌ای پیدا نمود. تغییرات ایجاد شده در طبیعت در اثر دخالت‌های انسان در خاک، آب و جو به‌دلیل استفاده از مواد شیمیایی مختلف برای افزایش بهره‌وری گیاهان از یک طرف و مصرف

حدود ۱۰ برابر انرژی برای تولید یک واحد از محصول نسبت به قرن گذشته از طرف دیگر، منجر به جستجو جهت پیدا نمودن روش‌های جدید در تولید محصولات کشاورزی شده است (فیضی، ۱۳۹۱، Aladjadjiyan, 2007، Vasilevski, 2003).

امروزه آب به عنوان یک کالای اقتصادی نقش اساسی در تولیدات کشاورزی دارد. افزایش تقاضا برای منابع آب بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک سبب شده است که کشاورزان از آبهای با کیفیت پائین و آب زیر زمینی شور استفاده کنند. زمانی که منبع آب‌آبیاری آب‌زیرزمینی (چاه) باشد حاوی بی‌کربنات بوده و با خروج آب از زمین گاز کربنیک آن متصاعد شده و تعادل بی‌کربنات و کربنات به هم می‌خورد و کربنات کلسیم بر روی خلل و فرج خاک و سطح ریشه به شکل کلسیت رسوب می‌کند. این رسوب خاک را سفت و توسعه ریشه را کند و مانع جذب آب و مواد غذائی می‌شود (احمدی، ۱۳۸۹). لذابهبود آب‌های مورد استفاده در کشاورزی می‌تواند از ایجاد رسوبات در سطح خاک جلوگیری کرده و موجب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شده و پایداری در تولید را منجر شود. اصلاح آب‌آبیاری بدون اضافه کردن مواد شیمیایی و سمی موجب تامین نیاز آبی و کودی و سم شده و خاک نیز به مرور اصلاح خواهد شد. آب مغناطیسی به عنوان یکی از روش‌های فیزیکی در بهبود کیفیت آب در کشاورزی مطرح است. عبور آب از میدان مغناطیسی موجب تغییر در آرایش کربنات کلسیم شده و آن را از حالت کلسیت چسبنده به حالت آرگونیت که غیر چسبنده است تبدیل می‌کند. رسوبات قبلی آهکی موجود در خاک به مرور با آب مغناطیس شده تحلیل می‌رود و خاک پوک و نرم می شود (احمدی، ۱۳۸۹).

یکی از عمده ترین مشکلات تولید پروتئین و محصولات دامی در کشور، عدم علوفه و خوراک کافی جهت تغذیه دام‌ها است. در گذشته نه چندان دور عمده مواد پروتئینی از منابع دام داخل و با اتکا به مراتع کشور تامین می‌شد (غلامی، ۱۳۷۱). بهره‌برداری نامطلوب، شخم بی رویه و بالاخره فشار جمعیت سبب شده است که در حال حاضر بطور متوسط تنها حدود ۲۰ درصد منابع غذایی کشور از مراتع تامین شود و این عامل سبب شده است که بخش اعظم مواد غذایی دامی از خارج وارد گردد. مراتع ایران با مساحتی بالغ بر ۹۰ میلیون هکتار و تولید حدود ۱۰ میلیون تن علوفه خشک در سال می‌تواند غذای ۱۶ میلیون واحد دامی (۲۲ درصد دام‌های کشور) را تامین نماید (غلامی، ۱۳۷۱).

تحریک گیاهان با استفاده از میدان‌های مغناطیسی به عنوان راهی جهت افزایش کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. میدان مغناطیس ممکن است نقش مهمی در ظرفیت جذب کاتیونی بازی نماید و اثر مثبت بر جذب عناصر غذایی غیر متحرک داشته باشد (دهاوی و همکاران، ۲۰۰۹). تیمارهای مغناطیس و الکترومغناطیس در کشاورزی به عنوان یک فناوری غیر تهاجمی برای بهبود جوانه زنی بذرها، افزایش جذب و آسیمیلاسیون عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش محصول و عملکرد گیاهان استفاده می‌شود (Martínez *et al*., 2009). بنابر این جایگزینی کودها و مکمل‌های شیمیایی با تیمارهای فیزیکی، میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش داده و باعث افزایش سلامت غذا و محیط زیست می‌گردد (Aladjadjiyan, 2007، Vasilevski, 2003، Dhawi *et al*., 2009). بنابراین هدف از این مطالعه بررسی تاثیر سطوح مختلف میدان مغناطیسی در آب آبیاری و سطوح مختلف کود پتاسیم بر میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای در شهرستان خوسف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر آب مغناطیسی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در مزرعه تحقیقاتی روستای تقاب در سال زراعی ۹۲-۹۳ به صورت فاکتوریل ۴×۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. مزرعه مورد آزمایش در ۱۵کیلومتری شمال شرق شهرستان خوسف در استان خراسان جنوبی قرار داشت.شهرستان خوسف در ۳۶ کیلومتری غرب بیرجند ودر حاشیه کویر قرارگرفته خوسف از شمال به شهرستان سرایان از مشرق به بخش مرکزی بیرجند، از جنوب به نهبندان و از مغرب به شهرستان طبس محدود می شود.

فاکتورهای مورد مطالعه شامل i) سطوح مختلف مقدار میدان مغناطیسی در چهار سطح با مقادیر $T_1=0$ به عنوان شاهد، $T_2=47/6$، $T_3=107/1$ و $T_4=168/5$ میکروتسلاو ii) تیمارهای کودی شامل سطوح کود سولفات پتاسیم حاوی ۵۰ درصد سولفات در دو سطح با مقادیر $F_1=0$ به عنوان شاهد و $F_2=100$ کیلوگرم بر هکتار بودند.برای انجام آزمایشات مزرعه‌ای از کرت هایی با اندازه ۵×۳ و کشت محصول ذرت استفاده می‌شود. مزرعه مورد مطالعه ابتدا آبیاری و پس گاورو شدن توسط گاوآهن برگرداندار شخم زده شد و به صورت دستی به کرت‌هایی با ابعاد ۵×۳ تقسیم و تسطیح شد. کرت‌ها به صورت دستی و با یک عدد پنجه غازی و با فاصله خطوط کاشت ۷۵ سانتی متر ردیف زده شدند. بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ با فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر (تراکم۱۶۰۰۰۰ بوته در هکتار) در کف شیارها در تاریخ ۳۰ خردادماه کاشت شدند.

برای ایجاد میدان مغناطیسی از سیم لوله‌ای به قطر ۲ اینچ و طول یک متر از جنس آهن استفاده شد. همچنین توسط یک عدد ترانسفورماتور کاهنده که دارای ولتاژ متغییر خروجی از ۱۰ تا ۱۱۰ ولت بود تغذیه شد. سیم لوله‌ی ساخته شده در شرایط آزمایشگاهی برای سه سطح میدان مغناطیسی بر اساس تحقیقات صورت گرفته کالیبره و سپس در مزرعه مورد استفاده قرار گرفت. برای تغییر سطوح میدان مغناطیسی، شدت جریان الکتریکی در هر یک از تیمارها به صورت دستی تغییر داده شد و شدت میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شد و پس از ایجاد شرایط پایدار میدان مغناطیسی آب توسط یک پمپ وارد سیم لوله شد. برای هدایت آب به هر یک از کرت‌ها از یک لوله هیدروفیکس ۳ اینچ که روی آن برای هریک ازکرت‌ها یک دریچه تعبیه شده بود استفاده شد. جهت اعمال هریک از تیمارهای آبی پمپ خاموش و پس از اعمال شدت جریان مورد نظر برای حصول سطح میدان مغناطیسی مورد نظر آب درون لوله انتقال، تخلیه و دریچه‌های مربوط به کرتهای هریک از تیمارها باز و پمپ مجددا راه اندازی می‌شد. زمان آبیاری برای تمام تیمارها ثابت بود.کودهای سوپر فسفات ساده به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار قبل از کاشت با خاک کلیه تیمارهای آزمایشی مخلوط شد. کود سولفات پتاسیم (۵۰ درصد) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار قبل از کاشت با خاک تیمارهای آزمایشی که جهت اعمال کود پتاسه تعیین شده بود مخلوط شد. کود ازته نیز به میزان ۳۰۰ هکتار در سه مرحله همزمان با آبیاری در سه تاریخ ۱۹ مرداد ۱۰ شهریور و ۲ مهر به صورت سرک به خاک تیمارها آزمایشی اعمال شد.

نمونه‌برداری جهت تعیین عملکرد زیست توده، ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ در بوته، از هر کرت به‌صورت تصادفی و به‌وسیله کوادرات با ابعاد یک متر در یک متر در زمان برداشت و مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌های آماری آزمایش از نرم افزار JMP8 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون تی استیودنت در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس و تغییرات عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه برای سطوح مختلف مقدار میدان مغناطیسی (T_1=0، T_2=47/6، T_3=107/1 و T_4=168/5 میکروتسلا) و سطوح کود سولفات پتاسیم (F_1=0 و F_2=100 کیلوگرم بر هکتار) در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد اثر سطوح مختلف میدان مغناطیسی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱).

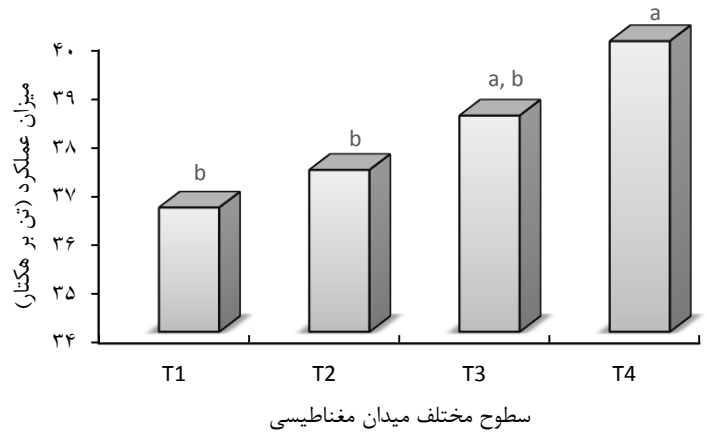
جدول ۱. خلاصه جدول تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و کود سولفات پتاسیم بر عملکرد زیست توده ذرت علوفه‌ای

منابع تغییرات		MS میانگین مربعات
	درجه آزادی	عملکرد زیست توده (تن بر هکتار)
تکرار	۲	۱۷/۸۸
سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی	۳	۱۳/۰۹**
سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم	۱	۳۹/۷۸*
سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی در سطوح کود سولفات پتاسیم	۳	۲/۰۸^{ns}
خطای آزمایش	۱۴	۳/۸۲

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تفاوت عملکرد ذرت علوفه‌ای در مقادیر استفاده از میدان مغناطیسی با ۱۶۸/۵ میکرو تسلا با تیمار عدم استفاده از میدان مغناطیسی در سطح ۴۷/۶ میکرو تسلا معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. همچنین نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که تغییر استفاده از شدت میدان مغناطیسی از سطح ۱۰۷/۱ میکرو تسلا به ۱۶۸/۵ میکرو تسلا در مقدار عملکرد زیست توده ذرت علوفه‌ای تاثیر معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) ندارد (شکل ۱). در سطوح مختلف میزان شدت میدان مغناطیسی تیمار ۱۶۸/۵ میکرو تسلا بیشترین عملکرد را با ۳۹/۹۵ تن بر هکتار داشت. پس از آن بیشترین عملکرد در میزان شدت میدان مغناطیسی ۱۰۷/۱ میکرو

تسلا با ۳۸/۴۳ تن بر هکتار حاصل شد. عدم استفاده از شدت میدان مغناطیسی نیز با ۳۶/۵۵ تن بر هکتار کمترین عملکرد را در بین مقادیر مختلف میزان شدت میدان مغناطیسی مورد بررسی داشت. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شدت میدان مغناطیسی سبب افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه می‌شود. کرملاچعب (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای تاثیر کاربرد آب مغناطیسی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای را مورد بررسی قرار داد. آنها نیز گزارش کردند که آبیاری با آب مغناطیسی با ضریب اطمینان ۹۵ درصد باعث افزایش پارامترهای فنولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد بررسی، بجز طول بلال که تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت شد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر طالبی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب با استفاده از آب مغناطیس برای آبیاری در کشت لوبیا افزایش یافته است.



شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی بر روی میزان عملکرد زیست توده (علوفه همراه دانه) ذرت علوفه‌ای

T_1، T_2، T_3و T_4: به‌ترتیب ۰، ٤٧/٦، ۱۰۷/۱ و ۱٦۸/۵ میکروتسلا میدان مغناطیسی می‌باشند.

تأثیر سطوح مختلف مصرف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد زیست توده ذرت علوفه‌ای معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) شد (جدول ۱). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تفاوت عملکرد ذرت علوفه‌ای در مقادیر استفاده از کود سولفات پتاسیم با ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار با تیمار عدم مصرف کود معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. در سطح مصرف کود سولفات پتاسیم با ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار بیشترین عملکرد با ۳۹/۹۵ تن بر هکتار به دست آمد. همچنین عدم مصرف کود سولفات پتاسیم نیز با ۳۶/۵۵ تن بر هکتار کمترین عملکرد را در بین مقادیر مختلف مصرف کود مورد بررسی داشت. صالحی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در بررسی تاثیر کود پتاس بر روی عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ بیان کردند که تاثیر مقادیر مختلف پتاسیم بر همه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود و افزایش پتاسیم از صفر به ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد گردید. تأثیر اثرات متقابل سطوح مختلف میدان مغناطیسی در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد زیست توده ذرت علوفه‌ای معنی‌دار نشد (جدول ۱).

جدول ۲. مقایسه میانگین سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم و اثرات متقابل سطوح مختلف میدان مغناطیسی در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد ذرت علوفه‌ای

	تیمار	عملکرد زیست توده در هکتار (تن)
سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم	F_1	۳۶/۷۷^{b}
	F_2	۳۹/۳۵^{a}
اثرات متقابل سطوح مختلف میدان مغناطیسی در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم	T_1*F_1	۳۶/۱۳^{c}
	T_2*F_1	۳۵/۶۳^{c}
	T_3*F_1	۳۶/۸۳^{bc}
	T_4*F_1	۳۸/۵۰^{abc}
	T_1*F_2	۳۶/۹۷^{bc}
	T_2*F_2	۳۹/۰۰^{abc}
	T_3*F_2	۴۰/۰۳^{ab}
	T_4*F_2	۴۱/۴۰^{a}

میانگین‌ها در هر ستون و برای هر عامل،که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون t استیودنت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

T_1، T_2، T_3و T_4: به ترتیب ۰، ۴۷/۶، ۱۰۷/۱ و ۱۶۸/۵ میکروتسلا میدان مغناطیسی و F_1 و F_2: به ترتیب صفر و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاس بر هکتار می‌باشند.

نتیجه‌گیری

افزایش تقاضا برای منابع آب بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک سبب شده است که کشاورزان از آبهای با کیفیت پائین و آب زیر زمینی شور استفاده کنند. لذابهبود آب‌های مورد استفاده در کشاورزی می‌تواند از ایجاد رسوبات در سطح خاک جلوگیری کرده و موجب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شده و پایداری در تولید را منجر شود. آب مغناطیسی به عنوان یکی از روش‌های فیزیکی در بهبود کیفیت آب در کشاورزی مطرح است. بنابر این جایگزینی کودها و مکمل‌های شیمیایی با تیمارهای فیزیکی، میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش داده و باعث افزایش سلامت غذا و محیط زیست می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس و تغییرات عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه برای سطوح مختلف مقدار میدان مغناطیسی و سطوح کود سولفات پتاسیم نشان داد اثر سطوح مختلف میدان مغناطیسی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) شد.همچنین تأثیر سطوح مختلف مصرف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد زیست توده ذرت علوفه‌ای معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) شد. در سطوح مختلف میزان شدت میدان مغناطیسی تیمار ۱۶۸/۵ میکرو تسلا بیشترین عملکرد را با ۳۹/۹۵ تن بر هکتار داشت. پس از آن بیشترین عملکرد در میزان شدت میدان مغناطیسی ۱۰۷/۱ میکرو تسلا با ۳۸/۴۳ تن بر هکتار حاصل شد. عدم استفاده از شدت میدان مغناطیسی نیز با ۳۶/۵۵ تن بر هکتار کمترین عملکرد را در بین مقادیر مختلف میزان شدت میدان مغناطیسی مورد بررسی داشت. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شدت

میدان مغناطیسی سبب افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه می‌شود.تفاوت عملکرد ذرت علوفه‌ای در مقادیر استفاده از کود سولفات پتاسیم با ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار با تیمار عدم مصرف کود معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. در سطح مصرف کود سولفات پتاسیم با ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار بیشترین عملکرد با ۳۹/۹۵ تن بر هکتار به دست آمد. همچنین عدم مصرف کود سولفات پتاسیم نیز با ۳۶/۵۵ تن بر هکتار کمترین عملکرد را در بین مقادیر مختلف مصرف کود مورد بررسی داشت. تأثیر اثرات متقابل سطوح مختلف میدان مغناطیسی در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد زیست توده ذرت علوفه‌ای معنی‌دار نشد.

منابع

فیضی، ح. ۱۳۹۱. مطالعه نقش نانوذرات فلزی (TiO2, Fe2O3)و میدان مغناطیسی بر جوانه زنی، جذب عناصر غذایی، رشد و خصوصیات کمی و کیفی گندم. رساله دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد.

صالحی، ر.، ملکی، ع.، و دهقان زاده، ح. ۱۳۹۱. تاثیر پتاس و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل گراس ۷۰۴ تحت تنش قطع آبیاری. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. ۴(۳): ۵۹-۷۰.

طالبی، م.، توکلی، ا.، و نیکبخت، ج. ۱۳۹۱. تاثیر آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در لوبیا. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

شیرمحمدی‌علی‌اکبرخانی، ز. ۱۳۹۲. ارزیابی برهم‌کنش شوری و کم‌آبیاری تنظیم‌شده بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای و تعیین تابع تولید آب – شوری. رساله دکتری. دانشگاه فردوسی.

کرملاچعب، ع. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد آب مغناطیسی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. هشتمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد خوراسگان دانشکده کشاورزی.

غلامی، ا. ۱۳۷۱. بررسی اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد، خصوصیات زراعی و ارزش غذایی سه رقم ذرت علوفه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

احمدی، پ. ۱۳۸۹. تاثیر میدان مغناطیسی بر روی آب و کاربردهای زراعی آب مغناطیس. اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک وهوا. ۲۳ و ۲۴ آبان، کرمان.

Vasilevski, G., 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulg. J. Plant Physiol, 29(3), 179-186.

Aladjadjiyan, A., 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriculture, 8(3), 369-380.

Dhawi, F. and Al-Khayri, J.M., 2009. Magnetic fields induce changes in photosynthetic pigments content in date palm (Phoenix dactylifera L.) seedlings. The Open Agriculture Journal, 3(1), 1-5.

Martínez, E., Carbonell, M.V., Flórez, M., Amaya, J.M. and Maqueda, R., 2009. Germination of tomato seeds (Lycopersicon esculentum L.) under magnetic field. Int. Agrophysics, 23(1), 45-49.

Buxton, D.R., 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. Animal feed science and technology, 59(1), 37-49.

Pendleton, B.B., Teetes, G.L. and Peterson, G.C., 1994. Phenology of sorghum flowering. Crop science, 34(5), 1263-1266.

Tolera, A., Sundstøl, F. and Said, A.N., 1998. The effect of stage of maturity on yield and quality of maize grain and stover. Animal Feed Science and Technology, 75(2), 157-168.