

## تأثیر میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره بر رشد، عملکرد و کیفیت سیلوی ذرت علوفه‌ای در مقایسه با کاربرد کودهای پرمصرف و کم مصرف

حسن فیضی<sup>۱\*</sup> - پرویز رضوانی مقدم<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۶

### چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره در مقایسه با کودهای ریز مغذی بر کمیت و کیفیت ذرت علوفه‌ای، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات و فناوری رضوی در سال ۱۳۸۶ انجام گردید. آزمایش به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با هفت تیمار و در چهار تکرار طراحی شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد (T<sub>1</sub>) کود کمپرا + میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره، (T<sub>2</sub>) کود هیوماکس + میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره، (T<sub>3</sub>) میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره، (T<sub>4</sub>) کود کمپرا، (T<sub>5</sub>) کود لیبرل، (T<sub>6</sub>) کود هیوماکس و (T<sub>7</sub>) شاهد بودند. نتایج نشان داد که تیمار میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره (T<sub>3</sub>) با ۷۴/۴۹ تن در هکتار علوفه تر و T<sub>4</sub> با ۶۴/۸۷ تن در هکتار به طور معنی داری نسبت به بقیه تیمارها بالاترین عملکرد علوفه تر را نشان دادند که این مقدار نسبت به شاهد بترتیب معادل ۳۵ درصد و ۱۷/۵ درصد افزایش داشت. در بین تیمارها، T<sub>3</sub> به دلیل داشتن عملکرد علوفه تر و درصد ماده خشک بیشتر، دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک در هکتار بود. تیمارهای آزمایش تأثیری بر میانگین وزن تر بلال نداشتند ولی نتایج به دست آمده در خصوص اجزاء بوته نشان داد که تیمارهای کودی بر اجزاء بوته اثر معنی داری دارند، بطوری که تیمارهای T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> بطور معنی داری بیشترین درصد بلال (۳۶/۵۸ درصد) را در بوته نشان دادند و کمترین آن در تیمارهای T<sub>5</sub> و T<sub>7</sub> بدست آمد. با کاربرد میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره بنظر می‌رسد میزان تخلیه عناصری چون نیتروژن، فسفر و کلسیم توسط گیاه از خاک نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر بود. نتایج حاصل از سیلاژ علوفه نشان داد که تیمار میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره (T<sub>3</sub>) از درصد پروتئین خام بیشتر و فیبر شوینده اسیدی<sup>۳</sup> پایین تری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود که در واقع دو عامل مثبت در تغذیه دام به شمار می‌روند.

**واژه های کلیدی:** میدان مغناطیس، نانو ذرات نقره، کود کم مصرف، ذرت علوفه ای، عملکرد.....

### مقدمه

شیمیایی در کشاورزی بود و از طرف دیگر در مناطق مختلف، افزایش سطح کیفیت زندگی باعث اثرات منفی بر تولیدات غذایی و محیط زیست شده است. بنابراین علوم کشاورزی به سمت عوامل تأثیرگذار اکولوژیک در تولیدات گیاهان از قبیل یونیزه نمودن، اشعه لیزر، اشعه ماوراء بنفش، میدانهای مغناطیسی و الکتریکی و نظایر آن سوق پیدا نموده است (۱۱).

تمام فرایندهای حیاتی عمدتاً به تبادل انرژی بین سلول و محیط وابسته‌اند. در خصوص مواد شیمیایی بهبود دهنده رشد لازم است تا این مواد مستقیماً داخل سلول شوند تا تأثیرگذار باشند، ولی تیمارهای فیزیکی با انرژی القا شده به سلول، شرایطی را برای نقل و انتقالات مولکولی ایجاد می‌کنند و در نتیجه مواد ضروری برای سلول را فراهم می‌آورند. این شرایط، مفهوم کشاورزی کوانتومی<sup>۴</sup> را می‌رساند که در

افزایش نیاز به تولیدات کشاورزی اکولوژیک همراه با افزایش تقاضای مواد خام گیاهی برای تولید غذا، استفاده از برخی شاخه‌های صنعت در تحقیقات جدید و اتخاذ تصمیمات ایمن برای افزایش تولیدات کشاورزی را ضروری می‌سازد. تغییرات ایجاد شده در طبیعت در اثر دخالت‌های انسان در خاک، آب و جو بدلیل استفاده از مواد شیمیایی مختلف برای افزایش بهره‌وری گیاهان منجر به جستجو جهت پیدانمودن روشهای جدید شده است (۶). قرن گذشته دامنه‌ای از کاربرد مواد شیمیایی پیشرفته نظیر اسید جیبرلیک و کودهای

۱ و ۲ - دانشجوی دکتری و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: hasnfeizi@yahoo.com)

\* - نویسنده مسئول:

تشدید سبز شدن و رشد گیاهچه کمک می‌کند. چنین گیاهانی دارای ریشه‌های عمیق‌تر و قدرت رشد بالاتری نسبت به بقیه هستند. تیمار میدان مغناطیسی بذور منجر به افزایش سرعت رشد گیاه، ساخت پروتئینها و توسعه ریشه می‌گردد (۸، ۱۵ و ۳۴). همچنین قرار گرفتن بذور غیر استاندارد در معرض میدان مغناطیس باعث افزایش جوانه‌زنی و بهبود کیفیت و رشد سریعتر گیاهان پس از جوانه‌زنی می‌گردد (۶). اربابیان و همکاران (۷) اظهار داشتند آزمونها در طی جوانه‌زنی در بذور پیش تیمار شده با مغناطیس افزایش می‌یابند. میدان مغناطیسی مناسب، باعث کاهش pH دیواره سلولی، از بین رفتن خواب بذر، تأثیر بر متابولیسم سلولهای مریستمی، افزایش جذب و آسمیلاسیون عناصر غذایی و بهبود فعالیتهای فتوسنتزی می‌شود (۱۹). دوارت دیاز و همکاران (۱۰) افزایش جذب عناصر غذایی را در گوجه‌فرنگی در اثر تیمار مغناطیس مشاهده نمودند. تغییرات در فعالیت آنزیمهای آمیلاز و نیترات ردوکتاز در بذور در حال جوانه‌زنی در مجاورت تیمار الکترومغناطیس گزارش شده است (۳۹).

ذرات مواد آلی و معدنی در اغلب قسمتها قطبی هستند. بنظر می‌رسد یک میدان مغناطیسی خارجی روی سرعت و جهت جایگزینی ذرات قطبی شده تأثیر گذارد. در نتیجه ممکن است اثر زیادی در سرعت و جهت بعضی فرایندهای زنده در گیاه داشته باشد. صعود کاپیلاری در مکانیسم انتقال مواد در بافتهای زنده نیز ممکن است توسط میدان مغناطیسی تأثیر ببیند (۲۱). راکوسیو و همکاران (۳۶) افزایش ۴/۲ درصدی در میزان کلروفیل a را در تیمار ۵۰ میلی تسلا در ذرت نسبت به شاهد گزارش نمودند. میدان مغناطیسی ضعیف اثر تحریک کنندگی روی افزایش وزن تر، مقادیر رنگدانه‌های فتوسنتزی، میزان اسید نوکلئیک و افزایش طول گیاهچه‌های ذرت داشت. مقادیر بالاتر میدان مغناطیس (۲۵۰-۱۰۰ میلی تسلا) اثر بازدارندگی روی این صفات داشت. بینان و همکاران (۳۹) افزایش سرعت جوانه‌زنی، رشد و نمو گیاهچه، اکسیداسیون چربی و میزان اسید اسکوربیک را در بذور پیش تیمار شده خیار با میدان مغناطیسی مشاهده نمودند.

میدان مغناطیسی می‌تواند باعث تعدیل اثرات منفی تنش گرما و خشکی و افزایش تحمل به شوری گیاه شده و فرایند پیری را به تأخیر اندازد (۳۹). روزیک و جرمن (۳۸) کاهش اثر تنش گرما را در گیاهچه‌های تره تیزک (*Lepidium sativum*) در معرض میدان مغناطیسی با فرکانس پایین (۵۰ هرتز و ۱۰۰ میکرو تسلا) مشاهده نمودند. احتمالاً میدان مغناطیسی بعنوان یک عامل حفاظتی در برابر تنش گرما عمل می‌نماید. کورداس (۲۱) نشان داد که میدان مغناطیس باعث کاهش جزئی طول ساقه گندم شد اما عملکرد دانه و کاه حدود ۴ درصد افزایش یافت. پولسنی و همکاران (۳۵) نشان دادند که بذور پیش تیمار شده لوبیا با میدان مغناطیس باعث جوانه‌زنی یکنواخت‌تر و زودتر بذور شد و عملکرد دانه بطور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود که این امر در اثر تعداد بیشتر غلاف در بوته و تلفات کمتر

سالهای اخیر بشدت مورد بحث قرار گرفته است (۶). بنابراین بعضی دانشمندان معتقدند که قرن حاضر، عصر کاربرد روشهای بیوفیزیک و تأثیر عوامل فیزیکی روی موجودات زنده خواهد بود (۱۱). تحریک گیاهان با استفاده از میدانهای مغناطیسی بعنوان راهی جهت افزایش کمیت و کیفیت عملکرد مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین جایگزینی کودها و مکملهای شیمیایی با تیمارهای فیزیکی، میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش داده و باعث افزایش سلامت غذا و محیط می‌گردد (۶). گزارش شده است که میدانهای مغناطیسی هم فعالیت یونها و هم قطبیت دوقطبیها را در سلولهای زنده تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۷). اغلب تحقیقات اثرات مثبت میدان مغناطیسی را در جوانه زنی و سرعت جوانه‌زنی بذور پیش تیمار شده گزارش نموده‌اند. مجد و شبرنگی (۲۷) افزایش ۱۱ درصدی سرعت جوانه‌زنی بذور عدس را در پیش تیمار میدان مغناطیسی ۱۸۰ میلی تسلا به مدت ۱۰ دقیقه و افزایش ۳۴ درصدی را در پیش تیمار ۲۴۰ میلی تسلا به مدت ۲۰ دقیقه روی بذور عدس گزارش نمودند. آنها اظهار داشتند که در گیاهان تیمار شده با مغناطیس، آندهای چوب و آبکش نسبت به شاهد رشد و نمو بیشتری داشته و سلولهای پارانشیم و اتاکنک زیر روزنه بزرگتر از شاهد بود بنابراین تبادل گاز راحت‌تر انجام گرفت. فلورز و همکاران (۱۲) و مارتینز و همکاران (۲۹) افزایش در سرعت طولی شدن گیاهچه گندم تحت شرایط میدان مغناطیسی را مشاهده نمودند.

گارسیا و آریزا (۱۴) افزایش سرعت جذب آب و جوانه‌زنی را در بذور کاهوی در معرض میدان مغناطیس ۱۰-۱ میلی تسلا مشاهده نمودند. آنها بیان نمودند که میدان مغناطیسی با جریانهای یونی در غشاء سلول جنین برهمکنش دارد. این اثر متقابل تغییراتی در غلظت یونی و فشار اسمزی در هر دو طرف غشاء ایجاد نموده و بنابراین باعث تغییراتی در روابط آب در بذور می‌گردد. مون و سوک (۳۱) افزایش درصد جوانه‌زنی بذور گوجه‌فرنگی را در اثر پیش تیمار کوتاه مدت بذور با میدان الکتریکی و مغناطیسی مستقیم مشاهده نمودند. میگ یانگ و همکاران (۳۰) گزارش کردند که قدرتهای مختلف تیمار مغناطیس، درصد سبز شدن بذور گوجه‌فرنگی را بین ۲۸-۸ درصد افزایش داد که ممکن است بعلاوه اثرات بازدارندگی از خسارت آفات و بیماریها باشد. دی سوزا و همکاران (۹) نیز تأخیر معنی‌دار اولین علائم ظهور بیماریهای ویروسی و آلترناریا را در مرحله رویشی در اثر پیش تیمار بذور گوجه‌فرنگی با مغناطیس گزارش نمودند. فاقنابی و همکاران (۱۱) گزارش نمودند که تیمار بذور گلرنگ با مغناطیس باعث افزایش عملکرد دانه به میزان چهار برابر شاهد شد و عملکرد را از ۱۳۳۸ کیلوگرم در هکتار در شاهد به ۴۰۰۷ کیلوگرم در هکتار رسانید. درصد روغن دانه شاهد ۲۵/۷ درصد و در تیمار مغناطیس به ۳۱/۵ درصد افزایش یافت.

قرار گرفتن کوتاه مدت بذور در معرض میدان مغناطیسی به

به دو صورت خاکی و آغشته با بذر ذرت نتیجه گرفتند مصرف خاکی بطور معنی داری عملکرد دانه (۲۵ درصد)، ماده خشک کل، تعداد بلال و وزن بلال را افزایش داد. گیاهچه‌هایی که بذر آنها با روی تیمار شده بود بطور معنی داری سنگین تر و بلند تر از شاهد بودند. محمود و همکاران (۲۶) افزایش ارتفاع، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، سطح برگ هر بوته و عملکرد علوفه تر سورگوم علوفه ای را با کاربرد اوره و سوپر فسفات ساده گزارش نمودند. بیشترین عملکرد علوفه تر و عملکرد ماده خشک را در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات ساده به دست آوردند. آنها همچنین افزایش پروتئین خام، فیبر خام، مقدار خاکستر را با افزایش کود مشاهده نمودند.

از فناوریهای نوین دیگر که اخیرا وارد عرصه کشاورزی شده است استفاده از فناوری نانو می‌باشد. نانوتکنولوژی دستکاری یا مجتمع کردن اتمهای منفرد، ملکولها یا توده‌های ملکولی به ساختارهایی با ویژگیها و صفات جدید بسیار متفاوت است. در این بین استفاده از نانو ذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم گسترش زیادی پیدا نموده است (۲). در آزمایشی ترکیبی از ذرات نانو  $\text{SiO}_2$  و  $\text{TiO}_2$  فعالیت نیترات ردوکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود (۲۴). صالحی و تمسکنی (۲) نشان دادند که تیمار نانو نقره (۵۰ میلی گرم بر لیتر) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه چه و ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم گردید. تاثیر مثبت نانو نقره بر رشد گیاهچه موجب استقرار در شرایط تنش شوری نگردید. از آنجایی که اکثر آزمایشات به بررسی اثرات پیش تیمار بذور گیاهان با میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی و رشد پرداخته‌اند و در زمینه قرارگیری گیاهان در معرض میدان مغناطیسی در تمام طول فصل رشد به همراه استفاده از نانو ذرات مطالعاتی انجام نگردیده است هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات قرارگیری گیاهان در معرض میدان مغناطیسی در طی فصل رشد به همراه کاربرد نانو ذرات نقره بر رشد، عملکرد علوفه ذرت و کیفیت سیلوی حاصل از آن در مقایسه با کاربرد کودهای پرمصرف و کم مصرف می‌باشد.

## مواد و روش ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات و فناوری رضوی واقع در کیلومتر ۱۵ جاده مشهد - قوچان در سال ۱۳۸۶ انجام گردید. آزمایش به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با هفت تیمار و در چهار تکرار طراحی شد. تیمارهای آزمایش، شامل کاربرد میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره به تنهایی و در ترکیب با کودهای ریزمغذی به صورت زیر بودند:

(T<sub>1</sub>) کود تجاری کمپرا + T<sub>3</sub>

(T<sub>2</sub>) کود هیوماکس + T<sub>3</sub>

بوته در واحد سطح در طی فصل رشد بود. فلورز و همکاران (۱۳) نیز افزایش سرعت جوانه‌زنی، وزن تر ساقه و کل بوته و طول گیاهچه ذرت را در تیمار مداوم میدان مغناطیسی مشاهده نمودند. استفاده از آب مغناطیسی شده در آبیاری محصولات کشاورزی و افزایش عملکرد و بهره‌وری آب از دیگر موضوعات تحقیقات است. لین و یوتوات (۲۲) افزایش بهره‌وری آب را در تولید گیاهان زراعی و دامپروری با استفاده از آب مغناطیسی شده گزارش نمودند. هیلال و همکاران (۱۸) افزایش در مقدار فسفر برگهای پرتقال را توسط کاربرد آب مغناطیسی شده گزارش نمودند. تیمار آب مغناطیسی شده ممکن است بر جذب فسفر و کلسیم جذب شده بر روی ترکیبات آلی اثر گذاشته و دسترسی آنها را برای گیاه افزایش دهد و منجر به بهبود رشد و عملکرد گردد (۲۵). نوران و همکاران (۳۲) تفاوتی در غلظت نیتروژن (نیترات)، فسفر (فسفات)، پتاسیم، سدیم و کلسیم + منیزیم در خاک آبیاری شده با آب مغناطیسی شده نسبت به آبیاری با آب معمولی مشاهده نمودند. آنها اظهار داشتند که آب مغناطیسی حرکت مواد معدنی را به سمت پایین کند می‌سازد که این بدلیل تسریع فرایندهای کریستاله شدن و ته‌نشینی عناصر معدنی محلول می‌باشد. ماهشوری و گریول (۲۵) کاهش pH خاک، افزایش غلظت کلسیم و فسفر در اندام هوایی کرفس و نوعی نخود<sup>۱</sup> و محدودیت بارگیری سدیم و کاهش سمیت آن و کاهش غلظت سدیم در اندام هوایی را در تیمار آب مغناطیسی را مشاهده نمودند. تیمارهای مغناطیسی نمودن آب بازیافتی و آب با شوری ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر عملکرد کرفس را ۱۲ و ۲۳ درصد و بهره‌وری آب را ۱۲ و ۲۴ درصد افزایش داد.

کلسیم و منیزیم در ذرت نسبت به گیاهان زراعی دیگر بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۸). ضیائی‌ان و ملکوتی (۳) نشان دادند که با استفاده از کودهای حاوی عناصر ریز مغذی عملکرد دانه ۲۸-۲۰٪ و عملکرد علوفه ۲۳-۱۰٪ افزایش می‌یابد و نیز کیفیت دانه و علوفه افزایش یافت. سهرابی و سهرابی (۱) نشان داد که محلولپاشی آهن بر عملکرد کل ذرت اثر معنی داری نداشت ولی ترکیبات مختلف روی، فسفر و ازت بر عملکرد کل اثر معنی داری داشت. ملکوتی و غیبی (۴) با کاربرد سکوسترن آهن، سولفات روی و سولفات منگنز در ذرت دانه ای طی سه سال بیان نمودند که تیمار کاربرد سه نوع کود به صورت توأم بیشترین افزایش عملکرد (۲۹ درصد) را در سه منطقه مورد آزمایش نشان داد. یویننگ (۴۰) طی ۷ سال آزمایش نشان داد که کاربرد پتاسیم میانگین عملکرد دانه ذرت را ۱/۲۸ تن در هکتار (۱۵/۸ درصد) نسبت به شاهد افزایش داد. کاربرد پتاسیم باعث افزایش پروتئین، سیستین و متیونین دانه گردید در حالیکه درصد نشاسته کاهش یافت. هریس و همکاران (۱۷) با کاربرد سولفات روی

(T<sub>3</sub>) میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره

(T<sub>4</sub>) کود تجاری کمپرا

(T<sub>5</sub>) ترکیب تجاری لیبرل

(T<sub>6</sub>) کود هیوماکس

(T<sub>7</sub>) شاهد (فقط مصرف NPK)

شدند.

پس از آماده سازی زمین، بر اساس نتایج آزمون خاک کودهای پایه شامل دی آمونیوم فسفات و سولفات پتاسیم (بترتیب ۳۵۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در سطح زمین پخش و ردیفهای کشت به فاصله ۷۰ سانتی متر آماده شد. کود سرک اوره نیز در ۵ نوبت طی فصل رشد مصرف شد (در هر نوبت ۷۰ کیلوگرم در هکتار). ابعاد کرتها شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۶ متر (۶ × ۳/۵ متر) برابر ۲۱ متر مربع بود. کاشت بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ با دست با فاصله ۱۰ سانتی متر در روی ردیفها انجام و اولین آبیاری در تاریخ ۸۶/۳/۱۲ انجام گردید. مدار آبیاری هر ۷ روز یک بار بود و بقیه عملیات داشت و مراقبتهای زراعی به طور یکسان جهت تمام کرتها انجام گردید. به منظور عدم اختلاط اثر کودهای مختلف با یکدیگر فاصله کرتها از یکدیگر ۱/۵ متر و فاصله بین دو تکرار ۴ متر (جوی زهکش و آبیاری جداگانه) در نظر گرفته شد. مقدار، و روش مصرف کودهای تجاری طبق توصیه کارخانه سازنده انجام شد.

قبل از کاشت از خاک محل آزمایش نمونه گیری از عمق ۳۰-۰ سانتی متری انجام و تجزیه آن در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بصورت جدول ۲ انجام شد. نیتروژن قابل دسترس با روش عصاره گیری با کلرید پتاسیم، نیتروژن کل با روش کجالدال، فسفر از روش اولسن، پتاسیم از روش عصاره گیری با استات آمونیم و بافت خاک با روش هیدرومتری (۳۳)، عناصر مس، منگنز، آهن و روی با روش DTPA-TEA (۲۳)، کربن آلی از روش واکو و بلک (۳۳) و CaCO<sub>3</sub> از روش خنثی سازی با اسید (۳۷) اندازه گیری شدند.

لازم به ذکر است بافت خاک Sandy Clay Loam بود و عناصر فسفر، پتاسیم، مس، منگنز، آهن و روی بصورت قابل دسترس گزارش

جدول ۱ - اطلاعات مربوط به نوع و درصد عناصر موجود در کودهای مصرفی و روش و میزان مصرف آنها

عنصر	کود هیوماکس	کود کمپرا	ترکیب لیبرل
اسید هیومیک	۱۲٪	—	—
اسید فولویک	۳٪	—	—
اکسید پتاسیم	۳٪	۱۷٪+۲۰٪	۵۱٪+۲۰٪
نیتروژن	—	۲۰٪	۲۰٪
فسفر	—	۲۰٪	۲۰٪
آهن	—	۴٪	۱۳/۲٪+۳/۳۵٪
روی	—	۳٪	۱۴٪+۰/۱۶٪
منگنز	—	۲٪	۱/۷٪
مس	—	۱٪	۱/۷٪
مولیبدن	—	۰/۱٪	۰/۰۲۳٪
بر	—	۰/۲٪	۰/۱۸۷۵٪
منیزیم	—	۳٪	—
سولفات	—	—	۵۶٪
روش مصرف	آبیاری	آبیاری + محلولپاشی	محلولپاشی
مقدار مصرف	۲ کیلوگرم در هکتار	۶ کیلوگرم در هکتار + ۲ کیلوگرم در هکتار	۴/۵ کیلوگرم در هکتار
زمان مصرف	سه نوبت (۸، ۴، ۴ برگه و تاسل دهی ذرت)	سه نوبت (۸، ۴، ۴ برگه و تاسل دهی ذرت)	سه نوبت (۸، ۴، ۴ برگه و تاسل دهی ذرت)

جدول ۲ - خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	EC	pH	SP	N(available)	N (total)	P	K	Cu	Mn	Fe	Zn	OC	CaCO <sub>3</sub>	Clay	Silt	Sand
سانتی متر	dSm <sup>-1</sup>		%	mgkg <sup>-1</sup>	mgkg <sup>-1</sup>	mgkg <sup>-1</sup>	mgkg <sup>-1</sup>	mgkg <sup>-1</sup>	mgkg <sup>-1</sup>	mgkg <sup>-1</sup>	mgkg <sup>-1</sup>	%	%	%	%	%
۰-۳۰	۱/۱	۷/۷	۳۱/۵	۱۰	۸۸۲	۵	۲۰۰	۰/۷۴۸	۱۲/۲۸۴	۶/۱۳۶	۱/۰۹۴	۱/۷۵	۱۰	۲۴	۲۴	۵۲

## نتایج و بحث

تیمارهای آزمایش بر اغلب صفات مورد ارزیابی اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد علوفه تر در تیمار میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره ( $T_3$ ) با  $74/49$  تن در هکتار بود که نسبت به شاهد معادل  $35$  درصد افزایش نشان داد. پس از آن تیمار کود کمپوست ( $T_4$ ) با  $64/87$  تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را نشان داد که این مقدار نسبت به شاهد بترتیب معادل  $17/5$  درصد افزایش می‌باشد. هر چند این تیمار و دیگر تیمارهای کودی با شاهد دارای اختلاف بودند ولی این اختلاف معنی دار نبود و با شاهد در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۴). فاقنابی و همکاران (۱۱) نیز گزارش نمودند که تیمار بذور گلرنگ با مغناطیس باعث افزایش عملکرد دانه به میزان چهار برابر شاهد شد و عملکرد را از  $1338$  کیلوگرم در هکتار در شاهد به  $4007$  کیلوگرم در هکتار افزایش داد. فلورز و همکاران (۱۳) نیز افزایش سرعت جوانه‌زنی، وزن تر ساقه و کل بوته و طول گیاهچه ذرت را در تیمار مداوم میدان مغناطیس مشاهده نمودند. در مورد کاربرد عناصر ریز مغذی و مصرف بهینه کود نیز افزایش معنی دار عملکرد دانه و علوفه در ذرت گزارش شده است (۱، ۳، ۴، ۱۵ و ۱۶) که نتایج این تحقیق با نتایج آنها همخوانی دارد.

با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم در ارزیابی علوفه، درصد ماده خشک می‌باشد لذا طبق جدول ۴ مشاهده می‌شود که تیمارهای میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره  $T_3$ ،  $T_1$  و  $T_2$  به ترتیب به لحاظ عددی درصد ماده خشک بالاتری را نشان دادند که البته با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. ممکن است کاربرد میدان مغناطیس و نانو نقره در جذب بهتر عناصر معدنی و افزایش راندمان سیستم فتوسنتزی در جهت آسمیلایسیون مواد و تولید مواد آلی در گیاه تاثیر داشته باشند. کاوی (۱۹) نیز گزارش نمود که میدان مغناطیسی مناسب، جذب و آسمیلایسیون عناصر غذایی را افزایش داده و فعالیتهای فتوسنتزی گیاه را بهبود می‌بخشد.

با توجه به اینکه عملکرد علوفه خشک از حاصلضرب درصد ماده خشک و عملکرد علوفه تر بدست می‌آید لذا در بین تیمارها، میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره به دلیل داشتن مقادیر بیشتر این دو عامل دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک در هکتار بود. نکته قابل ذکر این است که  $T_3$  در ترکیب با دو نوع کود تجاری باعث افزایش بیشتر عملکرد علوفه تر و خشک نگردید. به نظر می‌رسد کاربرد میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره به تنهایی توانسته است احتیاجات غذایی گیاه را در حد لازم و کافی از طریق جذب بهتر آب و مواد معدنی مرتفع نموده و کاربرد کودهای تجاری، اثر فزاینده در عملکرد محصول نداشته است.

زمان مصرف آنها در سه نوبت بود بطوریکه نوبت اول در شروع مرحله رشد سریع ذرت ۵-۴ برگی، مرحله دوم در مرحله ۸ برگی و نوبت سوم در مرحله تاسل‌دهی ذرت انجام شد (جدول ۱). تیمار میدان مغناطیسی با قراردادن قطعه‌ای از یک جسم (با ابعاد  $2 \times 1$  سانتیمتر) دارای خاصیت مغناطیس دائم با قدرت ۱۰ میلی‌تسلا به فاصله ۱۰ سانتیمتر روی ردیفهای کاشت و در کنار هر بوته در زمان رشد سریع گیاه (حدود یک ماه پس از اولین آبیاری) اعمال گردید. در همان زمان محلول نانو نقره نیز با غلظت ۴۰ گرم نانو نقره در هکتار، همراه با آب آبیاری اعمال گردید.

جهت تعیین عملکرد علوفه تر مساحت  $7/35$  متر مربع وسط هر کرت (از سه ردیف وسط) در مرحله خمیری دانه، جدا و توزین گردید. به منظور تعیین درصد ماده خشک علوفه، نمونه‌ای از علوفه برداشت شده جدا و وزن تر و خشک آن توزین شد. همچنین تعداد بلالهای آنها شمارش و سپس توزین شد تا میانگین وزن تر هر بلال محاسبه گردد. طول بلال با اندازه‌گیری ۵ بلال از نمونه‌های برداشت شده (قسمت پایین ابتدای دانه بندی تا نوک بلال) بدست آمد. همچنین از هر کرت تعداد ۵ بوته کامل جدا و به اجزاء برگ، ساقه و بلال تجزیه شدند و جهت تعیین درصد هر جزء به آن منتقل و وزن خشک آنها در دمای  $75$  درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

جهت تعیین میزان عناصر معدنی باقیمانده در خاک در انتهای فصل رشد و پس از برداشت محصول، نمونه خاک تا عمق ۳۰ سانتیمتر از تمام کرتها گرفته شد. پس از مخلوط نمودن نمونه‌های چهار تکرار هر تیمار، نمونه‌ای مرکب برای هر تیمار تهیه و به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی ارسال گردید.

در زمان برداشت به منظور تعیین کیفیت سیلوی علوفه، نمونه‌گیری گیاه از هر کرت انجام گردید و نمونه‌ها به ایستگاه دامپروری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی منتقل و به قطعات ۳-۲ سانتیمتر خرد شده و در داخل کیسه‌های پلاستیکی مخصوص در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار به مدت ۶۰ روز سیلو شدند. پس از آن کیسه‌های سیلو باز شده و میزان pH، درصد فیبر شوینده خنثی<sup>۱</sup> (دیواره سلولی گیاهان شامل همی سلولز، سلولز و لیگنین)، درصد فیبر شوینده اسیدی<sup>۲</sup> (دیواره سلولی بدون همی سلولز شامل سلولز و لیگنین) و پروتئین خام<sup>۳</sup> سیلاژ در آزمایشگاه گروه علوم دامی دانشگاه فردوسی اندازه‌گیری شد. داده‌های بدست آمده توسط نرم افزار کامپیوتری MSTAT-C آنالیز آماری و میانگین‌های بدست آمده توسط آزمون دانکن مقایسه شدند.

- 1 - Neutral detergent fiber
- 2 - Acid detergent fiber
- 3 - Crude protein

جدول ۳- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه تر	درصد ماده خشک	عملکرد علوفه خشک	طول بلال	ارتفاع بوته	وزن تر بلال	درصد برگ	درصد ساقه	درصد بلال
تکرار	۳	۱۱۶/۹	۶/۶	۱۳/۶	۱۴/۴	۹/۹	۱۴۲۸۲/۸	۱۱/۶	۲۴/۲	۶۹/۰
تیمار	۶	۲۰۵/۹**	۴/۵ <sup>ns</sup>	۲۵/۱**	۱۳/۱**	۶/۵ <sup>ns</sup>	۱۰۶۱۵/۱ <sup>ns</sup>	۲۲/۰**	۴۷/۱**	۱۳۰/۲**
خطا	۱۸	۴۵/۵	۱/۸	۳/۷	۱/۴	۳/۱	۱۴۹۱۵/۴	۴/۸	۱۰/۵	۲۴/۲

ns و \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار و معنی دار در سطح یک درصد آزمون F می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تیمارهای آزمایش

تیمار	عملکرد علوفه تر ton ha <sup>-1</sup>	درصد ماده خشک	عملکرد علوفه خشک ton ha <sup>-1</sup>	طول بلال cm	ارتفاع بوته cm
T <sub>1</sub>	۶۱/۷ b*	۲۹/۳۸ a	۱۸/۱b	۱۶/۷۵ ab	۲۵۹/۵ a
T <sub>2</sub>	۶۱/۶۲ b	۲۹/۱۹ a	۱۸/۰Ab	۱۴/۷۴c	۲۶۰/۹ a
T <sub>3</sub>	۷۴/۴۹ a	۲۹/۶۵ a	۲۲/۰۹a	۱۸/۳۳a	۲۶۱/۳ a
T <sub>4</sub>	۶۴/۸۷ ab	۲۷/۳۲ a	۱۷/۷۹bc	۱۵/۲۵ bc	۲۵۹/۳ a
T <sub>5</sub>	۵۵/۸۵ b	۲۸/۲۳ a	۱۶/۰۳bc	۱۴/۵۸ cd	۲۵۸/۸ a
T <sub>6</sub>	۵۳/۸۶ b	۲۷/۲۶ a	۱۴/۶۹c	۱۲/۸۳ d	۲۵۹/۳ a
T <sub>7</sub>	۵۵/۱۹ b	۲۷/۳۶ a	۱۵/۱۰bc	۱۴/۰۸ d	۲۵۷/۵ a

\* اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری (سطح ٪) معنی دار نمی باشند.

جوانه زنی، وزن تر ساقه و کل بوته و طول گیاهچه ذرت را در تیمار میدان مغناطیس مشاهده نمودند. نتایج به دست آمده در خصوص اجزاء بوته نشان می دهد که تیمارهای کودی تأثیری بر میانگین وزن تر بلال نداشتند (جدول ۵). ولی اثر تیمارهای کودی بر اجزاء بوته معنی دار بود. تیمارهای T<sub>5</sub>، T<sub>7</sub> و T<sub>6</sub> به ترتیب با ۳۴/۲۲، ۳۳/۳ و ۳۱/۹ درصد، بیشترین نسبت برگ به کل بوته را دارا بودند و کمترین آن در تیمار T<sub>3</sub> با ۲۷/۵۸ درصد بدست آمد (جدول ۵). همچنین تیمار T<sub>5</sub> بیشترین درصد ساقه را داشته و T<sub>3</sub> کمترین درصد ساقه را نشان داد. اما این روند در درصد بلال عکس بود به طوری که تیمار T<sub>3</sub> بطور معنی داری بیشترین درصد بلال (۳۶/۵۸ درصد) را در بوته دارا بود و کمترین آن در تیمار T<sub>5</sub> مشاهده شد (جدول ۵).

با توجه به اینکه نقش بلال در کیفیت علوفه تولیدی بسیار مهم می باشد لذا علوفه ای که درصد بلال آن بیشتر باشد دارای ارزش بالاتری است (۶). بنظر می رسد قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره، روابط آب و خاک و عناصر غذایی برای گیاه به گونه ای بوده است که گیاه توانسته سهم زیادی از بیوماس تولید شده را به مقصد فیزیولوژیک<sup>۱</sup> که همان بلال می باشد اختصاص دهد و در نتیجه بلال بیشترین سهم را در بین اجزاء تشکیل دهنده به خود اختصاص داد.

این موضوع در فصل رشد مشهود بود بطوریکه با کاربرد میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره در یک نوبت، تا انتهای فصل رشد در گیاهان علائم ظاهری کمبود مواد غذایی مشاهده نشد ولی در بقیه تیمارهای کودی علائم کمبود در انتهای فواصل زمانی بین دو نوبت کاربرد تیمار کاملاً مشهود بود. لو و همکاران (۲۴) در آزمایشی نتیجه گرفتند که ترکیبی از ذرات نانو SiO<sub>2</sub> و TiO<sub>2</sub> فعالیت نیترات ردوکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود. دی سوزا و همکاران (۹) افزایش میانگین وزن میوه، عملکرد میوه در بوته و در واحد سطح و وزن خشک کل گوجه فرنگی را با پیش تیمار بذور با تیمار مغناطیس گزارش نمودند.

درصد افزایش عملکرد علوفه خشک در تیمار T<sub>3</sub> نسبت به شاهد ۴۶/۳ درصد بود. این افزایش در تیمار T<sub>1</sub> و T<sub>2</sub> ۱۹/۷ درصد بود هر چند که در دو مورد اخیر این افزایش معنی دار نبود (جدول ۴). این نتایج با نتایج هریس و همکاران (۱۷) و ضیائیان و ملکوتی (۳) مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که کاربرد میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره منجر به افزایش معنی دار طول بلال نسبت به شاهد گردید. طبق جدول ۴ طول بلال در تیمار T<sub>3</sub> به تنهایی در گروه اول قرار گرفته و پس از آن تیمار T<sub>1</sub> بیشترین طول بلال را داشت. ارتفاع بوته با کاربرد هر نوع کودی نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش نشان نداد. فلورز و همکاران (۱۳) و راکوسو و همکاران (۳۶) نیز افزایش سرعت

جدول ۵- تاثیر تیمارهای کودی بر میانگین وزن تر بلال، درصد برگ، درصد ساقه و درصد بلال نسبت به وزن خشک بوته

تیمار	وزن تر بلال (گرم)	درصد برگ	درصد ساقه	درصد بلال
T <sub>1</sub>	۶۴۷/۸ a*	۲۹/۰۵ cd	۳۸/۹۵bc	۳۲/۰ ab
T <sub>2</sub>	۵۲۹/۰ a	۳۰/۱۷ bcd	۴۲/۳۰ ab	۲۷/۵۲ bc
T <sub>3</sub>	۶۸۳/۵ a	۲۷/۵۸ d	۳۵/۸۵ c	۳۶/۵۸ a
T <sub>4</sub>	۶۲۰/۵ a	۳۰/۴۰ bcd	۴۰/۹۵ b	۲۸/۶۵ bc
T <sub>5</sub>	۶۲۵/۵ a	۳۴/۲۲ a	۴۶/۷۲ a	۱۹/۰۵ d
T <sub>6</sub>	۶۲۲/۳ a	۳۱/۹۰ abc	۴۲/۳۳ ab	۲۵/۷۷ bcd
T <sub>7</sub>	۶۰۵/۸ a	۳۳/۳ ab	۴۳/۳۳ ab	۲۳/۳۸ cd

\* اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری (سطح ۰.۵٪) معنی دار نمی‌باشند.

جدول ۶- میزان عناصر معدنی (پرمصرف و ریزمغذی) در خاک تیمارهای آزمایش پس از برداشت محصول (بجز نیتروژن بقیه عناصر بصورت قابل استفاده گزارش شده است)

تیمار	نیتروژن کل mg kg <sup>-1</sup>	فسفر mg kg <sup>-1</sup>	پتاسیم mg kg <sup>-1</sup>	سدیم mg kg <sup>-1</sup>	کلسیم (تبادلی) mg kg <sup>-1</sup>	منیزیم (تبادلی) mg kg <sup>-1</sup>	روی mg kg <sup>-1</sup>	آهن mg kg <sup>-1</sup>	منگنز mg kg <sup>-1</sup>	مس mg kg <sup>-1</sup>
T <sub>1</sub>	۸۱۹	۱۵/۳	۲۰۲/۶	۲/۲۸	۵/۳۳	۳/۰۰	۱/۵	۵/۶	۶/۵	۰/۸
T <sub>2</sub>	۷۹۸	۱۱/۷	۱۹۸/۵	۲/۴۹	۵/۳۳	۳/۳۳	۱/۵	۵/۴	۵/۷	۰/۸
T <sub>3</sub>	۶۳۷	۹/۵	۱۸۳/۵	۲/۲۴	۴/۳۳	۲/۶۷	۱/۴	۵/۷	۶/۴	۰/۸
T <sub>4</sub>	۷۸۴	۱۶/۶	۱۸۱/۰	۲/۰۷	۴/۳۳	۲/۰۰	۱/۷	۶/۱	۶/۵	۰/۹
T <sub>5</sub>	۷۴۲	۱۰/۷	۱۷۶/۱	۲/۱۹	۴/۶۷	۲/۶۷	۱/۷	۵/۸	۶/۵	۱/۰
T <sub>6</sub>	۷۲۱	۱۲/۹	۱۸۵/۹	۲/۴۹	۴/۳۳	۲/۳۳	۱/۳	۵/۵	۶/۵	۰/۶
T <sub>7</sub>	۷۳۵	۱۳/۵	۱۷۸/۵	۲/۹۹	۶/۰۰	۴/۰۰	۱/۵	۵/۵	۶/۴	۰/۷

معمولی مشاهده نمودند. آنها اظهار داشتند که آب مغناطیس حرکت مواد معدنی را به سمت پایین کند می‌سازد که این بدلیل تسریع فرایندهای کریستاله شدن و ته‌نشینی عناصر معدنی محلول می‌باشد. دوارت دیاز و همکاران (۱۰) افزایش جذب عناصر غذایی را در گوجه-فرنگی در اثر تیمار مغناطیس مشاهده نمود. تیمار آب مغناطیس شده ممکن است بر جذب فسفر و کلسیم جذب شده بر روی ترکیبات آلی اثر گذاشته و دسترسی آنها را برای گیاه افزایش دهد و منجر به بهبود رشد و عملکرد گردد (۲۵).

#### ترکیبات شیمیایی سیلاژ ذرت

بر اساس جدول ۴ بیشترین مقدار عددی درصد ماده خشک ذرت قبل از سیلو کردن مربوط به تیمار T<sub>3</sub> (۲۹/۶۵) بود که با تیمارهای دیگر تفاوت معنی داری نداشت. با توجه به جدول ۵، این اختلاف را می‌توان مربوط به درصد بلال بیشتر (تعداد و وزن بلال ها و مقدار ماده خشک موجود در دانه) با ۳۶/۵۸ درصد و درصدهای برگ و ساقه کمتر بترتیب با ۲۷/۵۸ و ۳۵/۸۵ درصد نسبت به وزن خشک گیاه کامل ذرت T<sub>3</sub> در مقایسه با سایر تیمارها دانست.

در جدول ۶ میزان عناصر را در انتهای فصل رشد و پس از برداشت محصول در خاک نشان می‌دهد. ذرت نسبت به گیاهان زراعی دیگر کلسیم و منیزیم بیشتری را مورد استفاده قرار می‌دهد (۲۶). در آزمایش حاضر میزان کلسیم در مقایسه با عناصر دیگر در تیمارها نسبت به شاهد بطور قابل توجهی کاهش یافت (جدول ۶). کونتز و برلی (۲۰) بیان نمودند که در غلظت پایین یون نقره (۵۰ نانومولار) در ریشه لوبیا در شرایط هیدروپونیک، جذب کلسیم افزایش در حالی که جذب فسفر و گوگرد کاهش یافت. بنظر می‌رسد با کاربرد میدان مغناطیسی و نانو نقره میزان تخلیه عناصری چون نیتروژن، فسفر و کلسیم توسط گیاه از خاک نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر بوده است (جدول ۶). میزان نیتروژن کل در همه تیمارها در پایان آزمایش در مقایسه با قبل از آزمایش (۸۸۲ میلی گرم بر کیلوگرم) کاهش نشان داد که به نظر می‌رسد تخلیه نیتروژن خاک توسط گیاه در تیمار T<sub>3</sub> بیشتر از بقیه تیمارها بوده است. همچنین تخلیه فسفر در تیمار T<sub>3</sub> از بقیه تیمارها بیشتر بود (جدول ۶). نوران و همکاران (۳۲) تفاوتی در غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم و کلسیم + منیزیم در خاک آبیاری شده با آب مغناطیس شده نسبت به آبیاری با آب

جدول ۷ - تأثیر تیمارهای آزمایش بر درصد ترکیبات شیمیایی سیلاژ ذرت (براساس درصد ماده خشک)

تیمار	ADF (درصد)	NDF (درصد)	CP (درصد)	pH
T <sub>1</sub>	۲۹/۳۴ c*	۵۵/۹۲ b	۶/۱۲ bc	۳/۸۴ ab
T <sub>2</sub>	۳۰/۱۵ b	۵۹/۰۴ ab	۶/۲۹ b	۳/۷۸ b
T <sub>3</sub>	۲۷/۱۵ d	۶۳/۶۹ a	۶/۹۱ a	۳/۸۳ ab
T <sub>4</sub>	۲۸/۷۵ c	۵۸/۷۰ ab	۶/۳۲ b	۳/۸۹ ab
T <sub>5</sub>	۳۱/۴۳ a	۵۹/۵۶ ab	۵/۸۰ c	۳/۹۵ ab
T <sub>6</sub>	۳۱/۲۶ a	۵۹/۸۰ ab	۵/۹۳ c	۴/۰۲ a
T <sub>7</sub>	۲۸/۹۳ c	۶۰/۶۹ ab	۶/۱۱ bc	۳/۸۸ ab

\* اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری (سطح ۵٪) معنی دار نمی باشند.

ADF معرف دیواره سلولی بدون همی سلولز و شامل سلولز و لیگنین است. تعیین ADF بخصوص در مورد علوفه ها مفید است زیرا رابطه آماری نزدیکی بین آن و قابلیت هضم علوفه وجود دارد. در گیاه بالغ قسمت ساقه بخش اعظم علوفه را تشکیل می دهد لذا در مقایسه با برگ اثر بیشتری بر قابلیت هضم کل گیاه دارد. اما در این تحقیق، کاربرد تیمار T<sub>3</sub> توانسته سهم زیادی از بیوماس تولید شده را به مقصد اندام های زایشی (بال) گیاه ذرت هدایت کند. ADF پائین تر یعنی دام خوراک بیشتری را می تواند هضم کند. بنابراین، درصد ADF پائین مطلوب است. کمترین درصد ADF (۲۷/۱۴۵) مربوط به تیمار T<sub>3</sub> می باشد که نشان دهنده قابلیت هضم بیشتر آن در مقایسه با سایر تیمارهاست. فاقنابی و همکاران (۱۱) نیز گزارش نمودند که تیمار کردن بذور گلرنگ با مغناطیس باعث افزایش درصد روغن دانه از ۲۵/۷ درصد در تیمار شاهد به ۳۱/۵ درصد در تیمار مغناطیس گردید. براساس آنالیز داده های آزمایشگاهی، تیمار میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره (T<sub>3</sub>) از درصد پروتئین خام بیشتر و ADF پایین تری نسبت به سایر تیمارها برخوردار است که در واقع دو عامل مثبت در تغذیه دام بشمار می روند.

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از در معرض قراردادن بذور و گیاهان با میدان مغناطیسی حاکی از بروز اثراتی در فرایندهای متابولیکی گیاه و نیز خاک می باشد که شامل افزایش سرعت واکنشهای بیولوژیکی، قطبی شدن عناصر و مواد در گیاه، اثر بر روی رفتار آب در گیاه، افزایش تحمل به تنش گرما و خشکی، افزایش قدرت جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه، قابل دسترس شدن عناصر و مواد در خاک، کاهش pH خاک، افزایش اکتیواسیون یونها، رشد و نمو بیشتر آوندها و سلولهای پارانشیمی، افزایش میزان کلروفیل و تاخیر در پیری، کاهش خسارت بیماریها و فواید بسیار دیگر که در نهایت منجر به بهبود رشد و نمو و عملکرد گیاه می گردد. نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که قرار

تیمارهای T<sub>2</sub> و T<sub>6</sub> بترتیب با ۳/۷۸ و ۴/۰۲ دارای تفاوت معنی داری در pH سیلاژ ذرت بودند. بین سایر تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در pH بین تقریباً ۳/۷ تا ۴/۲ فعالیت تمامی میکروبهها در سیلو بکلی متوقف می گردد و تا زمانی که شرایط بی هوازی حفظ شود حالت ماده سیلو شده پایدار باقی می ماند. در جدول ۷، pH تیمارهای مختلف در محدوده مورد نظر به لحاظ حفظ ارزش و کیفیت سیلاژ قرار دارند.

بیشترین و کمترین میزان درصد پروتئین خام بترتیب با ۶/۹۱ و ۵/۷۹ درصد مربوط به تیمارهای T<sub>3</sub> و T<sub>5</sub> بود. بالا بودن میزان پروتئین خام سیلاژ ذرت در تیمار T<sub>3</sub> ممکن است به علت بالا بودن درصد بالال و پائین بودن درصد ساقه نسبت به وزن خشک بوته باشد. در این تحقیق، درصد پروتئین خام با درصدهای برگ و ساقه نسبت عکس و با درصد بالال نسبت مستقیم دارد. NDF معرف مقدار دیواره سلولی گیاه (همی سلولز، سلولز و لیگنین) است و رابطه معکوسی با مقدار مصرف ماده خشک و یا به عبارتی سرعت هضم علوفه و رابطه مثبت با زمان جویدن آنها دارد. بالاترین درصد NDF سیلاژ ذرت مربوط به تیمار T<sub>3</sub> با ۶۳/۶۹ درصد می باشد. بالا بودن درصد NDF را می توان احتمالاً ناشی از پیشرفت در مرحله بلوغ گیاه دانست. با افزایش سن گیاه، مقدار پروتئین آن کاسته می شود. علت افزایش پروتئین خام سیلاژ ذرت در تیمار T<sub>3</sub> ممکن است بدلیل سهم بیشتر بالال و دانه در علوفه و وجود کلروفیل و برگهای سبز بیشتر (سبزیمانی بالاتر<sup>۱</sup>) باشد. راکوسیو و همکاران (۳۶) افزایش ۴/۲ درصدی در میزان کلروفیل a را در تیمار میدان مغناطیس ۵۰ میلی تسلا در ذرت نسبت به شاهد گزارش نمودند. میدان ضعیف مغناطیسی، اثر تحریک کنندگی روی افزایش وزن تر، مقادیر رنگدانه های فتوسنتزی، میزان اسید نوکلئیک و افزایش طول گیاهچه های ذرت داشت (۳۶).



برخوردار باشد زیرا این گونه خاکها توانایی کمتری در جذب و حفظ عناصر غذایی داشته (ظرفیت تبادل کاتیونی کمتری دارند) و بیشتر در معرض آبشویی و از دست رفتن عناصر قرار دارند.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای علی اصغر برهمند، پژوهشگر، مخترع و دارنده ۹ مدال بین‌المللی نمایشگاه اختراعات که ایده و روش بکارگیری میدان مغناطیسی به‌مراه نانو ذرات نقره را در رشد گیاهان ارایه نمودند صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. از مساعدت‌های اعضاء محترم هیات مدیره وقت موسسه تحقیقات و فناوری رضوی آقایان مهندس شربتدار، دکتر مرتضوی، مهندس برکی، مهندس حکیمیان و مهندس تهرانی تشکر و قدردانی می‌گردد. از اساتید دانشگاه فردوسی مشهد آقایان دکتر کوچکی، دکتر ولی زاده، دکتر ناصریان و نیز آقای دکتر ذبیحی ریاست محترم بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی بخاطر راهنمایی‌های علمی قدردانی می‌شود. همچنین از آقایان مهندس داورنیا و سرگل زهی جهت همکاری در اجرای سیلو و خانم مهندس حلاج نیا بخاطر انجام آزمایش‌های نمونه‌های خاک تشکر می‌گردد.

گرفتن دایم گیاهان در معرض میدان مغناطیس به همراه کاربرد نانو ذرات نقره ( $T_3$ ) باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی گردید. البته کاربرد کودهای ریزمغذی نیز در افزایش عملکرد و بهبود رشد گیاه اثر گذاشتند ولی اثر آنها به اندازه تیمار مغناطیس و نانو ذرات نقره نبود ضمن اینکه ممکن است این کودها باعث آلودگی خاک و آب شوند. از طرف دیگر کاربرد توام کودهای ریزمغذی با میدان مغناطیسی ( تیمارهای  $T_1$  و  $T_2$ ) به اندازه میدان مغناطیس و نانو ذرات نقره ( $T_3$ ) و حتی در برخی موارد کمتر از آن بر عملکرد و صفات مورد ارزیابی تاثیر گذاشت.

بنظر می‌رسد میدان مغناطیس در کنار بوته‌ها هم بر مغناطیس شدن آب آبیاری و هم بر فرایندهای بیولوژیکی گیاه و جذب عناصر نقش بسزایی داشته است. ضمن اینکه اغلب آزمایشات انجام شده از روش پیش تیمار بذر با میدان مغناطیس استفاده نموده‌اند در صورتیکه آزمایش حاضر در دو مورد با بقیه مطالعات انجام شده متمایز بود:

- ۱- قراردادن گیاه در معرض میدان مغناطیس در طی طول فصل رشد در شرایط مزرعه
- ۲- استفاده همزمان از میدان مغناطیس و فناوری نانو با توجه به شرایط آزمایش و بافت خاک بنظر می‌رسد که استفاده این تیمار ( $T_3$ ) در شرایط خاکهای با بافت سبک‌تر از کارایی بالاتری

### منابع

- ۱- سهرابی ا. و سهرابی م. ۱۳۸۶. توصیه بهینه کود برای ذرت هیبرید SC704 در شرایط آب و هوایی خرم آباد لرستان. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۵۶۷ صفحه.
- ۲- صالحی م. و تمسکنی ف. ۱۳۸۷. تاثیر نانوسید در تیمار بذری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه گندم تحت تنش شوری خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران. ۳۵۸ صفحه.
- ۳- ضیائی‌ان ع. و ملکوتی م.ج. ۱۳۷۷. بررسی اثرات کودهای حاوی عناصر ریز مغذی و زمان مصرف آنها در افزایش تولید ذرت، نشریه علمی پژوهشی خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۱. صفحه ۴۱-۳۴.
- ۴- ملکوتی م.ج. و غیبی م.ن. ۱۳۸۲. اصول تغذیه ذرت، بهینه سازی مصرف کود گامی به سوی خودکفایی در تولید ذرت در کشور (مجموعه مقالات). انتشارات سنا. ۳۴۶ صفحه.
- ۵- ولی زاده ر.، ناصریان ع. و اژدری فرد آ. ۱۳۸۲. بیوشیمی سیلاژ. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۱۶ صفحه.
- 6- Aladjadjiyan A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria, Journal of Central European Agriculture, 8:369-380.
- 7- Arbabian S., Majd A., Flahian F., and H. Samimi. 2001. The effect of magnetic field on germination and early growth in tree varieties *Arachis hypogaea*, Journal of Biological Science, 2:3227-3535.
- 8- Chao L., and Walker D.R. 1967. Effect of a magnetic field on the germination of apple, apricot, and peach seeds, Horticultural Science, 2:152-153.
- 9- De Souza A., Garcí D., Sueiro L., Gilart F., Porrás E., and Licea L. 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants, Bioelectromagnetics, 27:247-257.
- 10- Duarte Diaz C.E., Riquenes J.A., Sotolongo B., Portuondo M.A., Quintana E.O., and Perez R. 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop, Horticulture Abstracts, 69:494.
- 11- Faqenabi F., Tajbakhsh M., Bernooshi I., Saber-Rezaei M., Tahri F., Parvizi S., Izadkhah M., Hasanzadeh Gorttapeh A., and Sedqi H. 2009. The effect of magnetic field on growth, development and yield of safflower and its comparison with other treatments, Research Journal of Biological Science, 4:174-178.
- 12- Florez M., Carbonell M.V., and Martines E. 2005. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth, Journal of Environment Experimental Botany, 6:1-13.

- 13- Florez M., Carbonell M.V., and Martinez E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth, *Environmental Experimental Botany*, 59:68–75.
- 14- Garcia R.F., and Arza P.L. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical considerations, *Bioelectromagnetics*, 22:589–595.
- 15- Gubbels G.H. 1982. Seedling growth and yield response of flax, buckwheat, sunflower and field pea after preceding magnetic treatment, *Canadian Journal of Plant Science*, 62:61–64.
- 16- Gupta A.P., Antile R.S., and Gupta V.K. 1986. Effect of presumed and zinc on the yield and uptake of zinc and nitrogen by corn, *Journal of Indian Society Soil Science*, 34: 810-814.
- 17- Harris D., Rashid A., Arif G.M., and Shah H. 2007. 'On farm ' seed priming with zinc sulphate solution – A cost-effective way to increase the maize yield of resource-poor farmers, *Field Crops Research*, 102:119-127.
- 18- Hilal M.H., Shata S.M., Abdel-Dayem A.A., and Hilal M.M. 2002. Application of magnetic technologies in desert agriculture. III. Effect of magnetized water on yield and uptake of certain elements by citrus in relation to nutrients mobilization in soil, *Egyptian Journal of Soil Science*, 42:43–55.
- 19- Kavi P.S. 1977. The effect of magnetic treatment of soybean seed on its moisture absorbing capacity, *Science Culture*, 43:405–406.
- 20- Kontz H.V., and Berle K.L. 1980. Silver uptake, distribution and effect on calcium, phosphorus and sulfur uptake, *Plant Physiology*, 65:336-339.
- 21- Kordas L. 2002. The effect of magnetic field on growth, development and the yield of spring wheat, *Polish Journal of Environmental Studies*, 11:527-530.
- 22- Lin I.J., and Yotvat J. 1990. Exposure of irrigation and drinking water to magnetic field with controlled power and direction, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 83:525–526.
- 23- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper, *Soil Science Society American Journal*, 42: 421-428.
- 24- Lu C.M., Zhang C.Y., Wu J.Q., and Tao M. X. 2002. Research of the effect of nanometer on germination and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism, *Soybean Science*, 21:168-172.
- 25- Maheshwari B.L., and Grewal H.S. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management* 96:1229–1236.
- 26- Mahmud K., Ijaz A., and Muhammad A. 2003. Effect of nitrogen and phosphorus on the fodder yield and quality of two sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L.), *International Journal of Agricultural Biology*, 5:61– 63.
- 27- Majd A., and Shabrangi A. 2009. Effect of seed pretreatment by magnetic fields on seed germination and ontogeny growth of agricultural plants. *Progress In Electromagnetics Research Symposium*, Beijing, China, March 23-27.
- 28- Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives. 2006. Corn Production in Manitoba .Soil, Nutrition and Fertilizers .pp.1-10p [www.gov.mb.ca/agriculture](http://www.gov.mb.ca/agriculture).
- 29- Martinez E., Carbonell M.V., and Florez M. 2002. Magnetic stimulation of initial growth stages of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Electromagnetic Biology and Medicine*, 21: 43–53.
- 30- Meiqiang Y., Minging H., Buzhou M., and Tengcar M. 2005. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield, *Journal of Plasma Science Technology*, 7:3143-3147.
- 31- Moon J.D.C., and Sook H. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields, *Journal of Electrostatics*, 48:103-114.
- 32- Noran R., Shani R., and Lin I. 1996. The effect of irrigation with magnetically treated water on the translocation of minerals in the soil, *Magnetic and Electrical Separation*, 7:109–122.
- 33- Page A.L. Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. Methods of soil analysis. Part2: Chemical and microbiological properties. Am. Soc. Agronomy, Soil Sci Am. Publisher. Madison, Wisconsin.
- 34- Phirke P.S., and Umbarkar S.P. 1998. Influence of magnetic treatment of oilseed on yield and dry matter, *PKV Research Journal*, 22:130–132.
- 35- Podlesny J., Pietruszewski S., and Podleoen A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions, *International Agrophysics*, 18:65-71.
- 36- Racuciu M., Creanga D., and Horga I. 2008. Plant growth under static magnetic field influence, *Romania Journal Physics*, 53: 353–359.
- 37- Richards L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA. Agriculture. Hand Book. No.60. Washington. USA.
- 38- Ruzic R., and Jerman I. 2002. Weak magnetic field decreases heat stress in cress seedlings, *Electromagnetic Biology and Medicine*, 21:69–80.
- 39- Yinan Y., Yuan L., Yongqing Y., and Chunyang L. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, *Environmental Experimental Botany*, 54:286–294.
- 40- Yuying L. 2003. Corn response to potassium on black soil in Heilongjiang, *Better Crops International*, Vol. 17, No.2.



## Influence of Magnetic Field and Silver Nano Particles in Comparison to Macro and Micro Nutrient Fertilizers on Growth, Yield and Silage Quality of Maize

H. Feizi<sup>1\*</sup> - P. Rezvani Moghaddam<sup>2</sup>

Received: 9-11-2009

Accepted: 28-8-2010

### Abstract

In order to study of magnetic field and nanosilver effects on fodder maize in comparison to micronutrients fertilizers, an experiment was conducted at research farm of Razavi Research and Technology Institute in the year 2007. This experiment was done with 7 treatments based on randomized complete block design with four replications. Treatments were including (T<sub>1</sub>) magnetic field and silver nano particles + Kemira fertilizer (T<sub>2</sub>) magnetic field and silver nano particles + Humax fertilizer (T<sub>3</sub>) magnetic field and silver nano particles (T<sub>4</sub>) Kemira fertilizer (T<sub>5</sub>) Librel fertilizer (T<sub>6</sub>) Humax fertilizer (T<sub>7</sub>) control (NPK). Results showed that fresh yield was the highest in (T<sub>3</sub>) and T<sub>4</sub> treatments. These treatments increased the maize fresh yield 35 and 17.5 percent in comparison to control respectively. Dry matter yield of exposed plants to magnetic field and silver nano particles was more than other treatments significantly. There was not significant effect on fresh weight of maize ear. Magnetic field and silver nano particles treatments (T<sub>3</sub> and T<sub>1</sub>) showed the greatest ear percentage in plant and the lowest found in T<sub>7</sub> and T<sub>5</sub> treatments. It is seems that in T<sub>3</sub> treatment, depletion of Ca, N and P of soil was greater than other treatments. Exposure to magnetic field and silver nano particles enhanced the crude protein and decreased ADF in silage resulting in increasing silage quality.

**Keywords:** Magnetic field, Silver nano particles, Micronutrient fertilizer, Fodder maize, Yield

---

1,2- PhD Student and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad  
(\*- Corresponding Author Email: hasanfeizi@yahoo.com)