Archiv

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۹۸
۱۷-۳۲
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.12716.1994

تأثیر سرفکتانت و کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (رقم DPX) در شرایط تنش رطوبتی

سیدعلیرضا موحدی نائینی[۱]، فریبا سالاری[۲]، مهدی حسینی[۳]*، ابراهیم زینلی[۴]

[۱]دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۳]دانشجوی دکتری، دانشگاه تربیت مدرس تهران، [۴]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: کودهای پتاسیمی علاوه بر اثری که بر افزایش عملکرد دانه دارند، موجب افزایش معنی‌دار غلظت یون پتاسیم برگ سویا نیز می‌شود. سرفکتانت‌ها مواد فعال سطحی هستند که به‌دلیل ساختمان شیمیایی چربی‌دوست و آب‌دوستی هم‌زمان در مولکول، دارای خواص فیزیکی و شیمیایی خاصی نظیر کاهش کشش سطحی هستند. سرفکتانت‌ها ممکن است با افزایش سرعت نفوذ آب در خاک‌های با سطح ویژه زیاد سرعت تبادل پتاسیم بین کلوئیدهای خاک و محلول خاک و قابلیت استفاده پتاسیم برای جذب گیاه و عملکرد محصولات را افزایش دهند. هدف از انجام این تحقیق تعیین و بررسی تأثیر سرفکتانت و پتاسیم بر مقدار عملکرد و اجزای عملکرد سویا در شرایط کم‌آبی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به صورت اسپیلت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل کود پتاسیم در دو سطح با پتاسیم (۱۰۸/۳ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص (معادل مصرف ۲۰۸ کیلوگرم در هکتار کلرید پتاسیم)) و بدون مصرف پتاسیم به عنوان تیمار اصلی و سرفکتانت ۱-۲ پروپاندیول در ۴ سطح شاهد (بدون مصرف سرفکتانت)، ۲، ۴ و ۸ لیتر در هکتار به عنوان فاکتور فرعی بودند. رطوبت خاک در ۳ مرحله در طی فصل رشد به‌ترتیب ۱۴۳، ۱۷۳ و ۲۰۱ روز بعد از کاشت از دو عمق ۸-۰ و ۱۶-۸ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده و مقاومت مکانیکی خاک نیز در ۶ مرحله در طی فصل رشد به‌ترتیب ۴۹، ۶۹، ۸۹، ۱۰۹، ۱۲۹ و ۱۵۱ روز بعد از کاشت به‌وسیله دستگاه پنترومتر از عمق ۵-۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه و اجزای عملکرد در مرحله برداشت تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین درصد رطوبت خاک در غلظت ۴ لیتر در هکتار سرفکتانت وجود داشت ولی مقادیر کمتر سرفکتانت به نسبت تأثیر کمتری روی مقدار رطوبت خاک نشان دادند. سطوح بالاتر سرفکتانت در تمامی مراحل اندازه‌گیری مقدار مقاومت مکانیکی خاک را کاهش داد که احتمالا به‌دلیل افزایش رطوبت در مجاری ریز خاک می‌باشد. عملکرد دانه و اجزای عملکرد سویا به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود پتاسیم قرار گرفتند اما تأثیر سطوح سرفکتانت بر این صفات جزء عملکرد بیولوژیک (معنی‌دار در سطح ۵ درصد) معنی‌دار نبود. سرفکتانت بدون کاربرد کود پتاسیم تأثیری معنی‌داری بر عملکرد نداشت ولی با استفاده از کود پتاسیم، کاربرد زیاد سرفکتانت موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گردید. سرفکتانت با کاهش کشش

*نویسنده مسئول: Mehdi.h.2002@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

سطحی و افزایش نفوذ آب داخل منافذ ریز، امکان ورود پتاسیم به‌داخل محلول خاک که محل توسعه ریشه است را بیشتر فراهم می‌کند. رطوبت بالای خاک با مصرف سرفکتانت نیز باعث افزایش رشد ریشه و جذب پتاسیم مخصوصا با مصرف کود پتاسیم می‌شود. اثرات متقابل سرفکتانت و کود پتاسیم نشان می‌دهد که بیشترین میزان عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در هر غلاف، تعداد شاخه‌های فرعی، شاخص برداشت، تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک و تراکم بوته در واحد سطح مربوط به تیمار پتاسیم با ۴ لیتر بر هکتار سرفکتانت بوده و بیشترین مقدار ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی و تعداد غلاف در هر ساقه مربوط به تیمار پتاسیم با ۸ لیتر بر هکتار سرفکتانت بوده است.

نتیجه‌گیری: سرفکتانت با کاهش کشش سطحی سبب افزایش نفوذ آب داخل منافذ ریز و در نتیجه نگهداری آب در لایه‌های سطحی خاک شده که موجب مرطوب شدن خاک می‌شود. افزایش رطوبت خاک موجب کاهش مقاومت مکانیکی خاک در برابر رشد ریشه شده و به افزایش عملکرد سویا کمک می‌کند. کاربرد کود پتاسیم به همراه مصرف چهار لیتر بر هکتار سرفکتانت میزان عملکرد سویا را به‌طور معنی‌داری افزایش داده که احتمالا به‌دلیل جذب بیشتر پتاسیم به‌وسیله گیاه است.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، رطوبت خاک، سرفکتانت، عملکرد سویا

مقدمه

سطح زیر کشت سویا در کشور در سال‌های اخیر ۶۰ تا ۸۰ هزار هکتار بود که حدود ۸۵ درصد آن آبی و ۱۵درصد دیم می‌باشد. استان گلستان با حدود ۷۵ درصد سطح زیر کشت سویا کشور، بیشترین سطح و استان‌های مازندران و اردبیل به‌ترتیب با ۱۳ و ۱۰ درصد سطح سویا کشور، مقام‌های دوم وسوم را به خود اختصاص دادند (۵). کودهای پتاسیمی علاوه بر اثری که بر افزایش عملکرد دانه دارند، موجب افزایش معنی‌دار غلظت یون پتاسیم برگ سویا نیز می‌شوند. بنابراین، به نظر می‌آید که فراهمی پتاسیم در خاک عامل مؤثر بر افزایش عملکرد و یون پتاسیم برگ باشد. کمبود پتاسیم در گیاه ریزش زودرس برگ‌ها را به دنبال دارد و این آهنگ در زمان پر شدن دانه شتاب بیشتری گرفته و سبب زردی برگ‌ها و پیری زودرس گیاه می‌شود. این پدیده به سبب اختلال در انتقال مواد به دانه در حال پر شدن، باعث کاهش وزن دانه می‌شود. پوکی غلاف یا پر شدن ناقص غلاف سویا نیز از پیامدهای دیگر کمبود پتاسیم است (۱). عملکرد دانه سویا، وزن هزار دانه، تعداد غلاف در هر ساقه و تعداد دانه در هر غلاف با افزایش مقدار کود پتاسیم افزایش خواهد یافت (۱۵).ژیانگ و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که افزایش مقدار کود پتاسیم در خاک موجب افزایش معنی‌داری در مقدار عملکرد دانه سویا، شاخص برداشت، تعداد دانه در هر غلاف شد (۲۸).

سرفکتانت‌ها موادی هستند که می‌توانند انرژی سطحی را بین سطوح به میزان زیادی تغییر دهند، در بیان اهمیت و جایگاه سرفکتانت‌ها، می‌توان گفت سرفکتانت‌ها مواد فعال سطحی هستند که به‌دلیل ساختمان شیمیایی چربی‌دوست و آب‌دوستی هم‌زمان در مولکول، دارای خواص فیزیکی و شیمیایی خاصی نظیر کاهش کشش سطحی دارند (۱۹). اگر سرفکتانت به میزان ناچیزی استفاده شود کشش سطحی آب را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد سرفکتانت‌ها ممکن است با افزایش سرعت نفوذ آب در خاک‌های با سطح ویژه زیاد سرعت تبادل پتاسیم بین کلوئیدهای خاک و محلول خاک و قابلیت استفاده پتاسیم برای جذب گیاه و عملکرد محصولات را افزایش دهند (۷). حضور سرفکتانت حداکثر تراکم خاک را با میزان آب کمتر فراهم می‌کند و نتایج نشان داد که افزودن سرفکتانت به خاک، مقاومت برشی زهکشی نشده را

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار داد به‌طوری‌که مقاومت برشی زهکشی نشده از ۳۱۹ کیلوپاسکال به ۵۰ کیلوپاسکال کاهش یافت و حضور سرفکتانت در خاک می‌تواند رفتار مکانیکی خاک را تغییردهد (۲۲). ایشاق و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که عملکرد محصول با فشردگی خاک کاهش پیدا می‌کند که علت ن را می‌توان به افزایش مقاومت مکانیکی خاک در مقابل رشد ریشه و کاهش راندمان استفاده از آب و عناصر غذایی نسبت داد (۱۱). کالنگو و روسولم (۲۰۱۰) نشان دادند که از طریق افزایش خلل و فرج درشت خاک مقدار مقاومت مکانیکی خاک کاهش یافته که این امر موجب افزایش رشد، توسعه ریشه و در نتیجه عملکرد سویا شده‌است (۳). افزایش فشردگی خاک مانعی در جهت جوانه زنی، رشد و نمو سویا بوده و از این طریق عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲).حسینی و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که کاهش مقاومت مکانیکی در خاک‌های استان گلستان موجب افزایش جذب آب و عناصر غذایی از خاک و همچنین افزایش عملکرد گندم شد (۱۰). بعضی از محققان کاربرد سرفکتانت را بر برخی خصوصیات خاک مانند اصلاح شیمیایی خاک رس (۲۱)، اصلاح خاک‌های آلوده به سرب (۶) و توزیع یکنواخت آب و بهینه‌سازی راندمان مصرف کودها (۲۵) مورد مطالعه قرار دادند. سرفکتانت ۱-۲ پروپاندیول[1] با فرمول شیمیایی $C_3H_8O_2$ ملکولی کوچک و غیر باردار است، بنابراین CEC یا AEC ندارد. این سرفکتانت‌ها کاتیونی یا آنیونی نیستند بلکه با انتهای قطبی جذب آب می‌شوند و انتهای غیرقطبی خارج آب در مجاورت هوا قرار می‌گیرد و موجب کاهش کشش سطحی می‌شود و این ماده شیمیایی فاقد تأثیرات سوء زیست محیطی است (۲۶).

1. 1,2 – propanediol

صوفی‌زاده (۲۰۱۵) بیان کرد که سرفکتانت با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک موجب افزایش پخشیدگی پتاسیم به سمت ریشه‌ها و افزایش عملکرد دانه و کاه گندم شد (۲۴). بنابراین، هدف از انجام این تحقیق تعیین و بررسی تأثیر سرفکتانت و پتاسیم بر مقدار عملکرد و اجزای عملکرد سویا (رقم DPX) در شرایط کم‌آبی بود (۲۴).

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت اسپیلت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی، واقع در ۱۰ کیلومتری غرب گرگان، اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کود پتاسیم در دو سطح با پتاسیم (۱۰۸/۳ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص (معادل مصرف ۲۰۸ کیلوگرم در هکتار کلرید پتاسیم)) و بدون مصرف پتاسیم به‌عنوان تیمار اصلی و سرفکتانت ۱-۲ پروپاندیول در ۴ سطح شاهد (بدون مصرف سرفکتانت)، ۲، ۴ و ۸ لیتر در هکتار به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. کود کلرید پتاسیم قبل از کشت به زمین اضافه شد و سرفکتانت در ۵ مرحله به‌ترتیب ۸۰، ۱۰۲، ۱۳۷، ۱۶۳ و ۱۶۸ روز بعد از کاشت (تا مرحله گلدهی) و مابقی (۳ مرحله) هم بعد از گلدهی) روی خاک اعمال شده و محلول‌پاشی سرفکتانت در طی فصل رشد قبل از بارندگی منطقه‌ای انجام شد و همچنین ۵ روز قبل از کاشت یک مرحله آبیاری انجام گردید. البته، در مرحله آخر به‌دلیل عدم بارندگی مناسب پس از مصرف سرفکتانت، آبیاری زمین زراعی انجام شد. برای جلوگیری از نشت آب از هر کرت به کرت کناری و

www.SID.ir

Archive of SID

مهم بودن انجام یک آبیاری یکنواخت در همه کرت‌ها، حاشیه هر کرت را به حالت پشته (با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر) در آورده و بین کرت‌ها یک متر فاصله وجود داشت. بعد از اعمال تیمارهای یاد شده، کرت‌های آزمایش به ابعاد ۳×۲ متر در نظر گرفته شد و فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۲ متر بود. سطح هر کرت ۶ مترمربع بود که برای اعمال دقیق سرفکتانت، سطح هر کرت به ۶ قسمت مساوی تقسیم شده و یک ششم سرفکتانت لازم برای مصرف در هر کرت در هر قسمت مصرف شد. ۳۲ کرت با چهار مقدار سرفکتانت تیمار شدند. بنابراین هر تیمار در ۸ کرت مصرف شد. ۱۶ کرت با پتاسیم تیمار شده و نصف دیگر پتاسیم دریافت نکردند. مصرف کودها و سرفکتانت بر حسب کیلوگرم یا لیتر در هکتار بود. قبل از بارندگی‌های اصلی، سرفکتانت با اختلاط با آب در یک تانکر ۴۰۰ لیتری روی خاک محلول پاشی و در غیر این‌صورت کود آبیاری شدند. تیمارهای آزمایش به‌صورت K_1 (کرت‌های فاقد کود پتاسیم)، K_2 (کرت‌های حاوی کود پتاسیم)، S_1 (تیمار شاهد)، S_2 (تیمار محلول‌پاشی سرفکتانت با غلظت ۲ لیتر بر هکتار)، S_3 (تیمار محلول‌پاشی سرفکتانت با غلظت ۴ لیتر بر هکتار)، S_4 (تیمار محلول‌پاشی سرفکتانت با غلظت ۸ لیتر بر هکتار) تعریف شدند. به‌همین تناسب تیمارهای K_1S_1، K_1S_2، K_1S_3، K_1S_4 نشان‌دهنده تیمارهای ۱ تا ۴ هستند که درون کرت‌های فاقد کود پتاسیم و تیمارهای K_2S_1، K_2S_2، K_2S_3 و K_2S_4 نشان‌دهنده تیمارهای ۱ تا ۴ هستند که درون کرت‌های دارای کود پتاسیم اعمال شده‌اند، می‌باشند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه، در جدول ۱ ارائه شده است. پارامترهایی شامل وزن مخصوص ظاهری با استفاده از رینگ نمونه‌گیری، پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم (۲۳)، ظرفیت تبادل کاتیونی (۴)، مقدار کربن آلی (۲۷)، اسیدیته، شوری خاک، درصد شن، رس، سیلت به روش هیدرومتر(۱۴) و رطوبت اشباع اندازه‌گیری شد. پارامترهای هواشناسی شامل میزان بارندگی و دما در جدول ۲ ارائه شده است. پس از مشخص شدن تیمارهای آزمایش، اوره و دی آمونیوم فسفات به‌ترتیب به میزان ۵۲ و ۱۵۶ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت به میزان برابر در همه تیمارها قبل از شخم به صورت پخش سطحی به خاک اضافه شده و پس از شخم با گاوآهن برگردان‌دار و یکبار دیسک، کشت سویا با رقم DPX در اواسط اردیبهشت‌ماه انجام شده است. فاصله ردیف‌های کشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بذرها ۲ سانتی‌متر و مقدار بذر مصرفی معادل ۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. رطوبت خاک هم در ۳ مرحله در طی فصل رشد به‌ترتیب ۱۴۳، ۱۷۳ و ۲۰۱ روز بعد از کاشت از دو عمق ۸-۰ و ۱۶-۸ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن تر نمونه‌های خاک با ترازوی ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و سپس نمونه‌ها به آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شده و بعد از ۲۴ ساعت وزن گردید. مقاومت مکانیکی خاک در ۶ مرحله در طی فصل رشد به‌ترتیب ۴۹، ۶۹، ۸۹، ۱۰۹، ۱۲۹ و ۱۵۱ روز بعد از کاشت به‌وسیله دستگاه پنترومتر از عمق ۱۶-۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر هست این مراحل مرتبط با مرحله رشد فیزیولوژی گیاه نیست و فقط هدف بررسی تأثیر سرفکتانت بر فاکتورهای مورد اندازه‌گیری در چند مرحله می‌باشد. با توجه به مصرف کم سرفکتانت در یک هکتار، بعید است که مقدار قابل توجهی از سرفکتانت به عمق بیش از ۱۶ سانتی‌متر نفوذ کند. نمونه‌برداری برای عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد دانه در واحد سطح و اجزای عملکرد در مرحله برداشت انجام شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده برای اجزای عملکرد شامل: تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد

www.SID.ir

Archive of SID

غلاف در هر ساقه، تعداد دانه در هر غلاف، تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک (مجموع وزن خشک ساقه، بقایای غلاف و دانه)، شاخص برداشت (عملکرد دانه/عملکرد بیولوژیک)×۱۰۰) و وزن صد دانه نیز جزء پارامترهای اندازه‌گیری شده بود. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش به‌وسیله نرم افزار SAS بانسخه ۹/۱ تجزیه و تحلیل شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱- نتایج برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

Table 1. Some physicochemical properties of the soil in the experimental site

رطوبت اشباع(درصد) Saturation moisture(%)	رس(درصد) Clay (%)	سیلت(درصد) Silt (%)	شن(درصد) Sand(%)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر مترمکعب) Soil bulk density (gr.cm^{-3})	هدایت‌الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	اسیدیته خاک pH	کربن آلی خاک (درصد) OC (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Potassium uptake (mg.kg soil)	ظرفیت تبادلی خاک (سانتی مول بر کیلوگرم) CEC (cmol^{+}.kg)	بافت خاک Soil texture
56.58	33.3	48.7	18	1.59	0.89	7.9	2	337	20.7	سیلتی رس لوم Silty clay loam

جدول ۲- میزان بارندگی و دمای ماهانه سال ۱۳۹۲

Table 2.Monthly rainfall and temperature of 2014

ماه month	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)			دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (^{o}c)		
	کمترین Min	بیشترین Max	مجموع ماهانه Total monthly	کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Mean
اردیبهشت(may)	0.3	13.6	51.9	13.6	25.8	19.7
خرداد(June)	1.8	5.5	9.8	25.6	31.5	19.7
تیر(July)	2.5	2.5	2.5	23	33.5	28.2
مرداد(August)	0.2	7	28.2	22.9	32.1	27.5
شهریور(September)	1	1	1	22.6	33.3	27.9
مهر(October)	0.1	33.7	86.5	16.9	27.6	22.3

نتایج و بحث

تأثیر سرفکتانت بر میزان رطوبت حجمی خاک در دوره رشد سویا: مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد بیشترین درصد رطوبت خاک با غلظت ۴ لیتر در هکتارسرفکتانت دیده شد. با مصرف ۸ لیتر در هکتار سرفکتانت، رطوبت خاک کاهش یافت که علت آن مشخص نیست. اثرات متقابل کود پتاسیم با سرفکتانت نشان می‌دهد که بیشترین مقدار رطوبت در عمق ۸-۰ سانتی‌متر در ۱۴۳ و ۲۰۱ روز بعد از کاشت و در عمق ۱۶-۸ سانتی‌متر در ۱۴۳ و ۲۰۱ روز بعد از

www.SID.ir

Archive of SID

کاشت مربوط به تیمار K_2S_3 می‌باشد. احتمالاً غلظت ۴ لیتر در هکتار سرفکتانت با کاهش کشش سطحی آب موجب افزایش پتانسیل ماتریک، افزایش پتانسیل هیدرولیکی، افزایش شدت جریان هیدرولیکی، تورم و تعادل اسمزی می‌شود. مصرف سرفکتانت باعث افزایش سرعت تورم خاک محل آزمایش می‌شود (۱۲). مصیبی و همکاران (۲۰۱۰) و ژنگ و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که سرفکتانت‌ها مقدار کشش سطحی مایعات را کاهش می‌دهند (۱۷ و ۲۹).

جدول ۳- مقایسه میانگین رطوبت حجمی خاک در عمق ۸-۰ و ۱۶-۸ سانتی‌متراز سطح خاک

Table 3. Mean comparison for soil volumetric water in depths of 0-8 and 8-16 cm from the soil surface

تیمار treatment	عمق ۸-۰ (سانتی‌متر) Depth of 0-8 (cm)			عمق ۱۶-۸ (سانتی‌متر) Depth of 8-16 (cm)		
	(143)	(173)	(201)	(143)	(173)	(201)
	روز بعد از کاشت Day after planting			روز بعد از کاشت Day after planting		
K_1 (بدون پتاسیم) K1(without Potassium)	17.38 a	10.20a	18.60 a	19.17 a	10.86 a	19.60 a
K_2(با پتاسیم) K2(with Potassium)	18.22 a	11.02 a	19.50 a	19.28 a	11.75 a	20.10 a
	مقدار سرفکتانت (لیتر در هکتار) Surfactant (L/ha)					
S_1 (شاهد) S1(Control)	17.20b	11.73 ab	17.20 c	18.73 b	13.41 a	17.50 c
S_2 (مقدار ۲ لیتر در هکتار) S_2(2 Lit/ha^{-1})	16.90b	10.15 b	19.60 b	18.40b	10.87 b	20.70 b
S_3 (مقدار ۴ لیتر در هکتار) S_3(2 Lit/ha^{-1})	20.10a	12.40a	23.70 a	22.01 b	12.43 a	24.70 a
S_4(مقدار ۸ لیتر در هکتار) S_4(2 Lit/ha^{-1})	16.90b	8.140c	15.60 d	17.70b	8.45 c	16.50 d
	اثرات متقابل بین پتاسیم و سرفکتانت The interaction between K×S					
K_1S_1	16.90a	11.89 a	16.40 de	18.90b	14.04 a	17.08 d
K_1S_2	17.10b	11.56 a	19.60 c	18.50b	11.66 b	21.01 bc
K_1S_3	18.10ab	13.10a	22.50 ab	20.70ab	12.86 a	23.90 ab
K_1S_4	17.20b	4.23 b	15.80 d	18.30bc	4.74 c	16.40 d
K_2S_1	17.50a	11.56 a	18.03 cd	18.40b	12.78 a	18.00 cd
K_2S_2	16.60b	8.75 ab	19.60 bc	18.20c	10.08 bc	20.40 c
K_2S_3	22.09 a	11.70a	24.80 a	23.20a	11.99 b	25.40 a
K_2S_4	16.50b	12.05 a	15.50 e	17.10c	12.15 ab	16.70 d

*در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند

In each column, means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% probability level.

تأثیر سرفکتانت بر میزان مقاومت مکانیکی موجود در خاک در طول دوره رشد سویا: مقاومت مکانیکی خاک عمدتاً تحت تأثیر دو فاکتور وزن مخصوص ظاهری خاک و درصد رطوبت خاک می‌باشد. مقدار این پارامتر در این آزمایش به‌دلیل سطح ویژه زیاد و چسبیدن اجزاء خاک به هم زیاد بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سرفکتانت در ۸۹، ۱۰۹ و ۱۲۹ روز بعد از کاشت در سطح یک درصد تأثیر

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری بر مقاومت مکانیکی خاک داشته است (جدول ۴). براساس جدول ۵، مقاومت مکانیکی خاک با سطوح بالاتر سرفکتانت در ۴۹، ۸۹، ۱۰۹، ۱۲۹ و ۱۵۱ روز بعد از کاشت کاهش یافت و به علت کمتر بودن رطوبت خاک در این اعماق با کاربرد ۸ لیتر در هکتار سرفکتانت، میزان مقاومت مکانیکی خاک در مقدار ۸ لیتر برهکتار سرفکتانت نسبت به ۴ لیتر بر هکتار افزایش یافته است. سرفکتانت با کاهش کشش سطحی باعث افزایش نفوذ آب داخل منافذ ریز و در نتیجه نگهداری آب در لایه‌های سطحی خاک و موجب مرطوب شدن خاک می‌شود. افزایش رطوبت خاک باعث کاهش مقاومت مکانیکی شده است. حسینی و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و ژنتیک نشان دادند ارتباط بین رطوبت خاک و مقاومت مکانیکی خاک معکوس بوده و هرچه مقدار رطوبت خاک بیشتر باشد مقدار مقاومت مکانیکی خاک نیز کاهش می‌یابد (۱۰). کیسوکساتو و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که در وزن‌های مخصوص ظاهری بالا، افزایش رطوبت خاک مقدار مقاومت مکانیکی خاک را کاهش داده که موجب محدودیت رشد ریشه سویا نمی‌شود (۱۳).

جدول ٤-تجزیه واریانس مقاومت مکانیکی خاک در طول دوره رشد سویا

Table 4. Analysis of variance for the soil mechanical resistance during the growing season of soybean

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	49	69	89	109	129	151
		The Day of after planting			روز بعد از کاشت		
تکرار Replication(R)	3	0.0819^{ns}	2.475**	0.173^{ns}	51162^{ns}	38369.8^{ns}	26512^{ns}
پتاسیم Potassium(K)	1	0.122^{ns}	0.845^{ns}	0.98*	282113*	113898^{ns}	22623^{ns}
اثر متقابل تکرار و پتاسیم R×K	3	0.011	0.372	0.152	38435	5484	30871
سرفکتانت Surfactant(S)	3	0.579^{ns}	0.124^{ns}	1.15**	320592**	1475197**	161606^{ns}
اثر متقابل سرفکتانت و پتاسیم S×K	3	0.278^{ns}	0.833^{ns}	0.39^{ns}	110549^{ns}	63164^{ns}	67577^{ns}
خطا Error	9	0.163	0.228	0.104	30423	86139	85410
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		9.03	11.13	10.15	10.32	20.41	20.4

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns غیرمعنی‌دار

**,* values significant at 0.01 and 0.05 probability level ,respectively and ns is non-significant

تأثیر سرفکتانت بر میزان عملکرد و اجزای عملکرد سویا: نتایج نشان داد که عملکرد دانه و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر کود پتاسیم قرار گرفت و از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). حبیب‌زاده و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که کود پتاسیم بر عملکرد دانه و تعداد غلاف در گیاه سویا تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت (۸). سرفکتانت بر عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشت ولی بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل بین پتاسیم و سرفکتانت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج بدست آمده، سرفکتانت بدون کاربرد کود پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت ولی با استفاده از کود پتاسیم، کاربرد زیاد سرفکتانت موجب افزایش معنی‌دار عملکرد شد (جدول ۶). عملکرد دانه با کاربرد کود پتاسیم ۱۶۵۸/۶ کیلوگرم در هکتار و بدون مصرف کود پتاسیم ۶۶۲/۷ کیلوگرم در هکتار بود که

www.SID.ir

Archive of SID

نشان‌دهنده افزایش قابل توجه عملکرد است و تأثیر مثبت کود پتاسیم را نشان می‌دهد (جدول ۷). موحدی نائینی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که افزایش کود پتاسه موجب افزایش عملکرد دانه و کاه گندم شده است. مقادیر اجزای عملکرد با کاربرد کود پتاسیم نسبت به عدم مصرف کود پتاسیم افزایش یافته است (۱۸). حاتمی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که مصرف کود پتاسیم، عملکرد دانه و تعداد غلاف در هر گره را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۹).

جدول ۵- مقایسه میانگین مقاومت مکانیکی خاک در طول دوره رشد در ٦ مرحله

Table 5. Means comparison for soil mechanical resistance during season growth in 6 stages

تیمار treatment	49	69	89	109	129	151
	Day after planting			روز بعد از کاشت		
K_1 (بدون پتاسیم) K1(without Potassium)	4.53[a]	4.50[a]	3.35[a]	1783.20[a]	1496.90[a]	1405.90[a]
K_2(با پتاسیم) K2(with Potassium)	4.41[a]	4.13[b]	3.00[a]	1595.40[a]	1377.60[a]	1459.10[a]
	سرفکتانت surfactant					
S_1 (شاهد) S1(Control)	4.65[a]	4.16[a]	3.35[ab]	1781.10[ab]	1729.60[a]	1372.10[a]
S_2 (مقدار ۲ لیتر در هکتار) S_2(2 Lit/ha^{-1})	4.51[ab]	4.41[a]	3.08[b]	1638.50[b]	1199.90[b]	1578.20[a]
S_3 (مقدار ۴ لیتر در هکتار) S_3(2 Lit/ha^{-1})	4.08[b]	4.21[a]	2.70[c]	1435.80[c]	957.20[b]	1263.00[a]
S_4(مقدار ۸ لیتر در هکتار) S_4(2 Lit/ha^{-1})	4.62[a]	4.38[a]	3.58[a]	1901.10[a]	1862.60[a]	1515.60[a]
	اثرات متقابل بین پتاسیم و سرفکتانت The interaction between K×S					
K_1S_1	4.57[a]	4.25[a]	3.58[a]	2047.30[a]	1761.50[a]	1216.40[a]
K_1S_2	4.82[a]	4.72[a]	3.20[ab]	1695.00[ab]	1369.30[ab]	1635.20[a]
K_1S_3	4.17[ab]	4.32[a]	2.70[b]	1435.80[b]	1036.90[b]	1276.30[a]
K_1S_4	4.57[a]	4.52[a]	3.67[a]	1954.30[a]	1820.00[a]	1495.60[a]
K_2S_1	4.72[a]	4.07[a]	2.85[b]	1515.60[b]	1697.70[a]	1528.80[a]
K_2S_2	4.20[a]	4.10[a]	2.97[b]	1582.00[b]	1030.30[b]	1522.20[a]
K_2S_3	4.00[b]	4.10[a]	2.70[b]	1435.80[b]	877.40[b]	1249.70[a]
K_2S_4	4.75[a]	4.25[a]	3.50[a]	1847.90[a]	1905.10[a]	1535.50[a]

*در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند

In each column, means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level

موکونا (۲۰۱۳) گزارش کرد که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود پتاسیم مقدار عملکرد دانه، ارتفاع گیاه و وزن صد دانه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (۱۶). پاروج و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که گیاه سویا به کاهش پتاسیم خاک حساس است به‌طوری‌که با کاهش کود پتاسیم در خاک میزان عملکرد دانه سویا کاهش پیدا می‌کند (۲۰). سرفکتانت به همراه کود پتاسیم تأثیری بیشتری بر تعداد دانه در غلاف داشته‌است. اثرات متقابل سرفکتانت و کود پتاسیم نشان می‌دهد که بیشترین میزان عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در هر غلاف، تعداد شاخه‌های فرعی، شاخص برداشت، تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک و تراکم بوته در واحد سطح مربوط به تیمار K_2S_3 بوده و بیشترین مقدار ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی و تعداد غلاف در هر ساقه مربوط به K_2S_4 بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦-تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر کود پتاسیم و سرفکتانت

Table 6. Analysis of variance for yield and component yield of soybean under influence of potassium fertilizer and surfactant

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	وزن صد دانه Weight of hundred grain	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد دانه در واحد سطح Number of seed per plot	تعداد دانه در هر غلاف Number of seed per pod	تعداد گره در ساقه اصلی Number of node on main steam	تعداد شاخه فرعی Number of Sub-branch	تعداد غلاف در هر ساقه Number of pod per steam	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تراکم گیاه در واحد سطح Plant density per plot
تکرار Replication (R)	3	22.67^{ns}	27752.2^{ns}	20.26^{ns}	114044.4^{ns}	0.36^{ns}	3.28^{ns}	5.02^{ns}	50.96*	58.93**	62504^{ns}	2.84^{ns}
پتاسیم Potassium (K)	1	164.62**	7935072**	1039.2**	82418**	19.53**	163.36**	44.415**	340.06**	470.47**	13604292**	94.53**
اثرمتقابل پتاسیم و تکرار R×K	3	11.23	27362	4.14	1309.5	0.78	4.63	2.02	29	13.4	91112	0.42
سرفکتانت Surfactant (S)	1	8.07^{ns}	5371^{ns}	12.009^{ns}	8184.7^{ns}	0.53^{ns}	4.79^{ns}	2.88^{ns}	16.53^{ns}	15.3^{ns}	73277*	2.52^{ns}
اثرمتقابل پتاسیم و سرفکتانت S×K	3	9.69^{ns}	107087**	21.75^{ns}	8361.1^{ns}	0.28^{ns}	4.19^{ns}	3.79^{ns}	16.55^{ns}	16.1^{ns}	160796**	2.36^{ns}
خطا error	9	10.28	14917.4	22.16	3874.16	0.309	3.45	2.11	24.55	13.85	18129.7	1.48
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.12	10.52	7.93	19.66	21.43	19.39	22.13	28.75	6.18	7.11	15.08

**، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns غیرمعنی‌دار

**, * values significant at 0.01 and 0.05 probability level ,respectively and ns is non- significant

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سویاتحت تأثیر کود پتاسیم و سرفکتانت

Table 7. Mean comparison for yield and component yield of soybean under influence of potassium fertilizer and surfactant (n=32)

تیمار Treatment	وزن صد دانه(گرم) Weight of hundred grain(g)	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار) Grain yield (kg.ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تعداد دانه در واحد سطح (مترمربع) Number of seed per plot meters (m^{-2})	تعداد دانه در هر غلاف Number of seed per pod	تعداد گره درساقه اصلی Number of node on main steam	تعداد شاخه فرعی Number of Sub-branch	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha)	تعداد غلاف در هر ساقه Number of pod per stem	تراکم گیاه در واحد سطح (در متر مربع) Plant density per plot (m^{-2})
K_1 (بدون پتاسیم) K1(without Potassium)	20.44^{b}	662.70^{b}	53.64^{b}	265.80^{a}	1.81^{b}	7.33^{b}	5.39^{b}	56.38^{b}	1240^{b}	13.97^{b}	6.36^{b}
K_2(با پتاسیم) K2(with Potassium)	24.98^{a}	1658.60^{a}	65.04^{a}	367.30^{a}	3.38^{a}	11.84^{a}	7.74^{a}	64.05^{a}	2544^{a}	20.49^{a}	9.79^{a}
سرفکتانت surfactant											
S_1 (شاهد) S1(Control)	21.91^{a}	1169.50^{ab}	59.96^{a}	299.00^{a}	2.62^{a}	10.72^{a}	6.70^{a}	58.92^{a}	1885.40^{ab}	15.70^{a}	8.71^{a}
S_2 (مقدار ۲ لیتر در هکتار) S_2(2 Lit/ha^{-1})	24.13^{a}	1106.70^{b}	59.48^{a}	300.50^{a}	2.62^{a}	9.00^{a}	5.72^{a}	61.56^{a}	1796^{b}	16.42^{a}	7.36^{a}
S_3 (مقدار ۴ لیتر در هکتار) S_3(2 Lit/ha^{-1})	22.68^{a}	1272.30^{a}	60.55^{a}	302.25^{a}	2.87^{a}	9.32^{a}	7.15^{a}	59.12^{a}	2024^{a}	17.91^{a}	8.23^{a}
S_4(مقدار ۸ لیتر در هکتار) S_4(2 Lit/ha^{-1})	21.99^{a}	1094.00^{b}	57.64^{a}	364.50^{a}	2.25^{a}	9.28^{a}	6.68^{a}	61.25^{a}	1865^{b}	18.88^{a}	7.89^{a}
اثرات متقابل بین پتاسیم و سرفکتانت The interaction between K×S											
K_1S_1	19.82^{a}	642.60^{c}	52.49^{b}	287.75^{b}	2.00^{ab}	9.52^{a}	5.82^{b}	56.12^{b}	1225.10^{d}	14.42^{a}	7.67^{ab}
K_1S_2	23.35^{a}	678.70^{c}	53.64^{b}	262.50^{b}	2.00^{b}	6.47^{b}	5.02^{b}	58.4^{ab}	1261.60^{d}	11.72^{b}	5.75^{b}
K_1S_3	19.55^{a}	624.20^{c}	54.17^{b}	220.50^{b}	2.00^{b}	6.85^{ab}	4.95^{b}	55.67^{b}	1175.50^{d}	14.07^{ab}	5.90^{b}
K_1S_4	18.78^{a}	705.10^{bc}	54.26^{ab}	292.50^{b}	1.25^{b}	6.45^{b}	5.75^{b}	55.32^{b}	1300.60^{cd}	15.06^{a}	6.10^{b}
K_2S_1	24.00^{a}	1696.30^{ab}	66.90^{a}	310.25^{ab}	3.35^{a}	11.42^{a}	7.57^{a}	61.72^{a}	2548.80^{ab}	16.97^{a}	9.75^{a}
K_2S_2	24.92^{a}	1534.70^{b}	65.31^{a}	338.50^{a}	3.35^{a}	11.52^{a}	6.42^{ab}	64.72^{a}	2330.60^{bc}	21.07^{a}	8.97^{a}
K_2S_3	25.80^{a}	1920.40^{a}	66.93^{a}	384.00^{a}	3.75^{a}	11.8^{a}	9.35^{a}	62.57^{a}	2873.10^{a}	21.75^{a}	10.75^{a}
K_2S_4	25.19^{a}	1482.90^{b}	61.04^{a}	436.00^{a}	3.25^{a}	12.12^{a}	7.62^{a}	67.17^{a}	2429.10^{b}	22.17^{a}	9.87^{a}

*در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند

In each column, means with the same letters are not significantly different according to LSD test at 5% level

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد (n=32)

Table 8. Correlation coefficients between grain yield and yield components

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	وزن صد دانه Weight of hundred seed	1										
2	شاخص برداشت Harvest index	0.51**	1									
3	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	0.52**	0.73**	1								
4	عملکرد دانه Seed yield	0.55**	0.84**	0.98**	1							
5	ارتفاع گیاه Plant height	0.32^{ns}	0.23^{ns}	0.63**	0.54**	1						
6	تعداد شاخه‌های فرعی Number of Sub-branch	0.34^{ns}	0.53**	0.59**	0.60**	0.35*	1					
7	تعداد گره در ساقه اصلی Number of node per main steam	0.36^{ns}	0.65**	0.73**	0.74**	0.50**	0.50**	1				
8	تعداد دانه در غلاف Number of seed per sheath	0.52**	0.59**	0.74**	0.73**	0.48**	0.43*	0.59**	1			
9	تراکم گیاه در واحد سطح plant density per square	0.28^{ns}	0.68**	0.76**	0.76**	0.50**	0.83**	0.92**	0.59**	1		
10	تعداد غلاف در ساقه Number of sheath per steam	0.16^{ns}	0.35*	0.52**	0.48**	0.52**	0.33^{ns}	0.55**	0.58**	0.52**	1	
11	تعداد دانه در واحد سطح (متر مربع) Number of seed per plot	0.29^{ns}	0.18^{ns}	0.76**	0.65**	0.61**	0.41*	0.40*	0.52**	0.46**	0.34^{ns}	1

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns غیرمعنی‌دار

**,* values significant at 0.01 and 0.05 probability level ,respectively and ns is non- significant

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و بیولوژیک با مقاومت مکانیکی و رطوبت حجمی خاک

Table 9. Correlation coefficient between grain and biological yield with mechanical resistance and soil volumetric water

پارامتر Parameters	عمق	مراحل			stages		
	depth	1	2	3	4	5	6
		عملکرد دانه			grain yeild		
رطوبت حجمی خاک soil volumetric water	0-8	0.36*	0.16^{ns}	0.22^{ns}	-	-	-
	8-16	0.10^{ns}	0.13^{ns}	0.17^{ns}	-	-	-
مقاومت مکانیکی خاک soil mechanical resistance	0-16	-0.14^{ns}	-0.18^{ns}	-0.35*	-0.35*	-0.17^{ns}	0.32^{ns}
		عملکرد بیولوژیک			biological yield		
رطوبت حجمی خاک soil volumetric water	0-8	0.38*	0.17^{ns}	0.25^{ns}	-	-	-
	8-16	0.17^{ns}	0.16^{ns}	0.19^{ns}	-	-	-
مقاومت مکانیکی خاک soil mechanical resistance	0-16	-0.21^{ns}	-0.16^{ns}	-0.38*	-0.38*	-0.19^{ns}	0.02^{ns}

* معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns غیرمعنی‌دار

*values significant at 0.05 probability level, and ns is non-significant

مراحل ۱، ۲ و ۳ برای رطوبت حجمی خاک به ترتیب ۱۴۳، ۱۷۳ و ۲۰۱ روز بعد از کاشت می‌باشد.

مراحل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ برای مقاومت مکانیکی خاک به ترتیب ۴۹، ۶۹، ۸۹، ۱۰۹، ۱۲۹ و ۱۵۱ روز بعد از کاشت می‌باشد.

جدول ۱۰- ضریب همبستگی بین مقاومت مکانیکی با رطوبت خاک

Table 10. Correlation coefficient between soil mechanical resistance with soil volumetric water

	مقاومت مکانیکی خاک Soil mechanical resistance	رطوبت حجمی خاک				Soil volumetric water	
		(1)(۱۴۳روز پس از کاشت) 143 Day after planting		(2)(۱۷۳روز پس از کاشت) 173 Day after planting		(4) (۲۰۱روز پس از کاشت) 201 Day after planting	
		0-8	8-16	0-8	8-16	0-8	8-16
1	(۴۹ روز پس از کاشت) 49 Day after planting	-0.56**	-0.49**	-0.06^{ns}	-0.01^{ns}	-0.52**	-0.57**
2	(۶۹ روز پس از کاشت) 69 Day after planting	-0.007^{ns}	-0.03^{ns}	-0.075^{ns}	-0.073^{ns}	-0.09^{ns}	-0.006^{ns}
3	(۸۹ روز پس از کاشت) 89 Day after planting	-0.39*	-0.30^{ns}	-0.35*	-0.22^{ns}	-0.62**	-0.63**
4	(۱۰۹ روز پس از کاشت) 109 Day after planting	-0.39*	-0.20^{ns}	-0.35*	-0.22^{ns}	-0.62**	-0.63**
5	(۱۲۹ روز پس از کاشت) 129 Day after planting	-0.27*	-0.56**	-0.18^{ns}	-0.14^{ns}	-0.82**	-0.79**
6	(۱۵۱روز پس از کاشت) 151 Day after planting	-0.25^{ns}	-0.26^{ns}	-0.2^{ns}	-0.23^{ns}	-0.2^{ns}	-0.18^{ns}

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns غیرمعنی‌دار

**,* values significant at 0.01 and 0.05 probability level ,respectively and ns is non-significant

با توجه به یافته‌های بدست آمده، سرفکتانت ۱-۲ پروپاندیول در غلظت ۴ لیتر در هکتار با افزایش رطوبت خاک موجب کاهش مقاومت مکانیکی خاک شده که منجر به افزایش رشد ریشه و در نهایت باعث افزایش جذب عناصر غذایی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا می‌گردد. کاربرد سرفکتانت در غلظت ۴ لیتر در هکتار همراه با مصرف کود پتاسیم، نسبت به غلظت‌های کمتر سرفکتانت عملکرد و اجزای عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

را تحت تأثیر قرار داد. صوفی‌زاده (۲۰۱۵) بیان کرد که سرفکتانت با کاهش کشش سطحی آب باعث افزایش پتانسیل ماتریک، پتانسیل هیدرولیکی و افزایش شدت جریان هیدرولیکی می‌شود که موجب افزایش مقدار رطوبت در منافذ خاک شده که در نهایت منجر به کاهش مقدار مقاومت مکانیکی خاک ودر نتیجه افزایش رشد ریشه و عملکرد گندم می‌شود (۲۴).

ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در مرحله برداشت: همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه با وزن صد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد گره در ساقه اصلی و تعداد دانه در غلاف وجود دارد که از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). عملکرد دانه نسبت به سایر اجزای عملکرد، همبستگی بالایی با تراکم بوته در واحد سطح (۰/۷۶) نشان داد. حسینی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که از بین اجزای عملکرد عامل مؤثر بر افزایش عملکرد دانه گندم، تراکم بوته در واحد سطح بوده است (۱۰). عملکرد بیولوژیک بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه (۰/۹۸) و تراکم بوته در واحد سطح (۰/۷۶) داشته و همچنین وزن صد دانه هم تأثیر مثبت و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف در سطح ۱ درصد داشت.

ضریب همبستگی بین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، مقاومت مکانیکی و رطوبت حجمی خاک: همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح پنج درصد بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با رطوبت حجمی خاک در عمق ۸-۰ در مرحله ۱ وجود داشت. همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با مقاومت مکانیکی خاک در مراحل ۳ و ۴ در سطح پنج درصد دیده شد (جدول ۹). همبستگی منفی و معنی‌داری در طول دوره رشد بین مقاومت مکانیکی خاک و رطوبت خاک نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت، مقاومت مکانیکی خاک کاهش یافته است. بیشترین همبستگی بین رطوبت حجمی خاک در مرحله ۴ (۲۰۱ روز پس از کاشت) در عمق ۸-۰ و ۱۶-۸ و مقاومت مکانیکی خاک در مرحله ۵ (۱۲۹ روز پس از کاشت) به‌ترتیب ۰/۸۲- و ۰/۷۹- مشاهده شد که در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۰). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت، مقدار مقاومت مکانیکی خاک کاهش یافته و موجب افزایش رشد و عملکرد محصول می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

همبستگی منفی و معنی‌داری در بیشتر مراحل بین مقاومت مکانیکی خاک و رطوبت خاک به‌دست آمد که نشان می‌دهد با افزایش رطوبت، مقاومت مکانیکی خاک کاهش یافته است. سرفکتانت با کاهش کشش سطحی سبب افزایش نفوذ آب داخل منافذ ریز و در نتیجه نگهداری آب در لایه‌های سطحی خاک شده که موجب مرطوب شدن خاک می‌شود. افزایش رطوبت خاک موجب کاهش مقاومت مکانیکی خاک در برابر رشد ریشه شده و به افزایش عملکرد سویا کمک می‌کند. مصرف چهار لیتر بر هکتار سرفکتانت با حفظ رطوبت خاک موجب کاهش مقاومت مکانیکی در برابر رشد ریشه و افزایش عملکرد سویا شد. کاربرد کود پتاسیم به همراه مصرف چهارلیتر بر هکتار سرفکتانت میزان عملکرد سویا را به‌طور معنی‌داری افزایش داد که احتمالا به‌دلیل جذب بیشتر پتاسیم به‌وسیله گیاه می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1.Azizi, M. 1999. Effect of different regimes irrigation and potassium fertilizer on field properties, physiology and biochemistry of soybean. Ph.D Thesis of Agronomy. Agriculture Faculty of Ferdosi University Mashhad. 143 pages. (In Persian)

2.Botta, G. F., Tolón-Becerra, A., Rivero, D., Laureda, D., Ramírez-Roman, M., Lastra-Bravo, and Martiren, V. 2016. Compaction produced by combine harvest traffic: Effect on soil and soybean (*Glycine max* L.) yields under direct sowing in Argentinean Pampas. Europ. J. Agron., 74: 155-163.

3.Calonego, J. C., and Rosolem, C.A. 2010. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. Europ. J. Agron., 33: 242-249.

4.Chapman, H. D., and Pratt, P. F. 1961. Method of analysis for soils, plants and waters. University of California. Division of Agricultural Sciences. Pp: 150-179.

5.Faraji, A., Reisee, S., Kiani, A.R., Younes abadi, M., and Sadegh nezhad, H. R. 2016. Soybean production in Golestan province. Golestan Province Agricultural and Natural Resources Research Center, 1-30.

6.Gholami kozarji, M., Moazy, A., and Amery khah, H. 2012. Modification of nickel contaminated lime soils using EDTA and anionic surfactant. First National Conservation and Conservation Planning Conference. Shahid chamran university.

7.Gross, A., Mohamed, R., Anda, M., and Ho, G. 2011. Effectiveness of wetting agents for irrigating sandy soils. Water. 38: 1-5.

8.Habibzadeh, F., Amini, E., and Mirnia, S.Kh. 2004. Study of effect of potassium and zinc different amounts on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.) in Mazandaran region. Agron. Hortic. J. (research and building), 61: 18-24.

9.Hatami, H., Ayene band, A., Azizi, M., Soltani, A., and Dadkhahe, A.R. 2010. Effect of potassium fertilizer on growth and yield of soybean cultivars in North Khorasan. J. Crop Ecophysiol., 2:1-17.

10.Hosseini, M., Movahedi Naeini, S.A.M., Dehghani, A.A., and Khaledian, Y. 2016. Estimation of soil mechanical resistance parameter by using particle swarm optimization, genetic algorithm and multiple regression methods. Soil Till. Res., 157: 32-42.

11.Ishaq, M., Hassan, A., Saeed, M., Ibrahim, M., and Lal, R. 2000. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: 1. Soil physical properties and crop yield. Soil Till. Res., 1570: 1–9.

12.Jalilvand, Z. 2015. Swell rate and conductivity flow of soils with high specific surface using surfactant. M.s.c thesis, soil science Department, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.

13.Keisuke Sato, M., Veras de Lima, H., Oliveira, P. D. D., and Rodrigues, S. 2015. Critical soil bulk density for soybean growth in Oxisols. Int. Agrophysics., 29: 441-447.

14.Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. In Physical and Mineralogical Methods, Part I; American Society of Agronomy, Soil Science Society America, Madison, Wisconsin. 1188.

15.Mansouri, S., and Shokoohfar, A. 2015. Effect of potassium fertilizer and irrigation intervals levels on yield and yield components of cowpea (vignauguiculata) in Ahwaz condition. Indian J. Fundamental Applied Life Sci., 5: 26-32.

16.Mokoena, T.Z. 2013. The effect of direct phosphorus and potassium fertilization on soybean (*glycine max* L.) yield and quality. M.Sc. (Agric) Agronomy. In the Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of Pretoria.

17.Mosaibi, A., Torabi angeji, M., and Khadiv parsay, P. 2010. The effect of non-ionic surfactant on the surface tension oil and water. Second Conference on Surface Materials and Waste Industries. Tehran, Iran. COI paper: SDTC02_041, https://www.civilica.com/Paper-SDTC02-SDTC02_041.html. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

18.Movahedi Naeini, S.A.R., Khorashahi, M., Hosseini, M., and Mashayekhi. K. 2017. Economics of potassium fertilizers and zeolite clinoptilolite in wheat production. J. plant prod., 2: 45-60.
19.Myers, D. 2005. Surfactant science and technology. John Wiley and Sons, 1-379.
20.Parvej, M., Slaton, N., Purcell, L., and Roberts, T. 2016. Soybean yield components and seed potassium concentration responses among nodes to potassium fertility. Soil fertili. Crop. Nut., 2: 854-863.
21.Por nasrolah, M., Torabi angji, M., Talebi, A., and Faal rastegar, A. 2012. Chemistry modification of clay soil with surfactant on the properties of polymer-clay compound materials. Third Conference on Science and Technology of Surface and Detergent Industries.
22.Rahman, Z.R., Sahibin, A.R., Lihan, T., Idris, W.M.R., and Sakiana, M. 2013. Effects of surfactant on geotechnical characteristics of silty soil.Sains Malaysiana, 42(7): 881-891.
23.Rao, C.S., and Takker, P.N. 1997. Evaluation of different extractants formeasuring the soil potassium and determination of critical levels for plantavailable K in semectitic soils for sorghum. J. Indian Soc. Soil Sci., 45: 113-119.
24.Soofizadeh, Sh. 2015. The effect of a wetting agent on soil water and the yield of rainfed wheat. M.Sc. thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and NaturalResources. Gorgan, Iran. (In Persian)
25.Sunderman, H.D. 1983. Soil Wetting Agents, North Central Regional Extension Publication 190. Colby, Kan: Kansas State University, 4 pp.
26.Torabi, F. 2014. Production of 3-methoxy,1,2,propanediol and hydroxyacetone by the subcrtical hydrothermal liquefaction of glycerol. Thesis of university of Regina.
27.Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An Examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38.
28.Xiang, D. B., Yong, T. W., Yang, W. Y., Gong, W. Z., Cui, L., and Lei, T. 2012. Effect of phosphorus and potassium nutrition on growth and yield of soybean in relay strip intercropping system. Sci. Res. Essays., 7: 342-351.
29.Zhang, L., Zhou, S., Wang, S., Wang, L., and Li, J. 2013. Surfactant surface tension effects on promoting hydrate formation: an experimental study using fluorocarbon surfactant (Intechem-01)+ SDS composite surfactant.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir