

بررسی پایداری ساختمان و آبگریزی خاک در پاسخ به افزودن بقایای برگ انگور و پوست انار در سطوح مختلف شوری

وجیهه درستیکار^{۱*} و ریحانه والی^۲

۱- استادیار گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

چکیده	تاریخچه مقاله
<p>مدیریت بقایای گیاهی همواره یکی از مسائل مورد توجه در بخش کشاورزی و صنایع وابسته آن بوده است. افزودن این بقایا به خاک اثرهای چشمگیر بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثر بقایای برگ انگور و پوست انار بر پایداری ساختمان و آبگریزی خاک در شرایط شور بود. بدین منظور بقایای برگ انگور و پوست انار در سطح صفر، ۲ و ۵ درصد و شوری در سه سطح ۱/۵، ۷ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مطالعه گردید. نتایج نشان داد که افزودن بقایای پوست انار سبب افزایش بیش‌تر کربن آلی خاک و غلظت کربوهیدرات قابل‌عصاره-گیری با آب داغ و اسید رقیق خاک نسبت به بقایای برگ انگور شد. افزایش سطح بقایا و شوری نیز سبب افزایش کربن آلی و غلظت کربوهیدرات‌ها در خاک شده بود. افزایش شوری محلول خاک آبگریزی خاک مورد مطالعه را افزود. همچنین افزودن بقایای پوست انار به خاک سبب افزایش بیش‌تر آبگریزی و بهبود پایداری ساختمان خاک شد. افزایش مقدار بقایای گیاهی مورد استفاده نیز با افزایش کربن آلی خاک و غلظت کربوهیدرات‌ها در خاک سبب افزایش آبگریزی در خاک و کاهش رس قابل‌پراکنش خاک شد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که در استفاده از بقایای برگ انگور و پوست انار در خاک علاوه بر جنبه‌های مثبت ناشی از افزایش ماده آلی خاک باید به برخی اثرات منفی آبگریزی ایجاد شده به ویژه در خاک‌های شور و در طولانی مدت نیز توجه نمود.</p>	<p>دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۵ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۷/۲۵</p> <p>کلمات کلیدی: جذب پذیری آب و اتانول، آبگریزی زیر بحرانی، شوری، بقایای گیاهی</p> <p>* عهده دار مکاتبات Email: vdorstkar@shahroodut.ac.ir</p>

آلی از منابع گوناگون به خاک می‌باشد. از سوی دیگر هر سال حجم وسیعی از پسماندهای گیاهی تولید می‌گردد که مدیریت آن‌ها به عنوان نوعی زباله با دشواری‌هایی همراه می‌باشد. با این حال، این پسماندها دارای مقدار زیادی مواد آلی و عناصر غذایی بوده که افزودن آن‌ها به خاک از جنبه‌های مختلف تغذیه‌ای و فیزیکی می‌تواند

مقدمه

کشاورزی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک همواره با مشکلات زیادی رو به رو بوده است. از جمله مشکلات اساسی در این اراضی می‌توان به شوری و کمبود ماده آلی خاک اشاره نمود (۳۴ و ۱۸). یکی از راه‌های بهبود کیفیت خاک در این مناطق، افزودن مواد

را گزارش نمودند. پژوهش‌های اندکی نیز اثر مثبت یون-های تک ظرفیتی روی سطوح رس‌ها را در کاهش آبگریزی نسبت به یون‌های دو ظرفیتی نشان داده است (۲۸). اثر مثبت افزودن بقایای گیاهی به خاک بر افزایش آبگریزی خاک در مطالعات گذشته مورد توجه قرار گرفته است. بلانکو-کانکویی و لال^۵ (۶) در مطالعه اثرات خاکورزی بر آبگریزی خاک نشان دادند، دفن عمقی بقایای گیاهی به دلیل افزایش ماده آلی خاک سبب افزایش آبگریزی در عمق خاک می‌شود.

با وجود پژوهش‌های انجام شده بر روی اثر مواد آلی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، دانسته‌ها در مورد اثر مثبت یا منفی افزودن برخی بقایای گیاهان درختی از جمله برگ انگور و ضایعات میوه‌ها مانند پوست انار بر ویژگی‌های ساختمانی خاک‌های شور بسیار محدود می‌باشد. همچنین اثر افزودن پسماندهای گیاهی بر آبگریزی خاک در پژوهش‌های پیشین کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این پژوهش بررسی اثر بقایای برگ انگور و پوست انار بر رس قابل پراکنش به عنوان شاخصی از پایداری ساختمان و آبگریزی خاک در سطوح مختلف شوری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار نوع بقایا، مقدار بقایا و شوری خاک انجام شد. برای این منظور بقایای گیاهی برگ انگور و پوست انار در سه سطح صفر، ۲ و ۵ گرم در ۱۰۰ گرم خاک در سه سطح شوری خاک شامل ۱/۵، ۷ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت.

آماده سازی خاک و انجام آزمایش گلخانه‌ای

خاک از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بسطام، واقع در شهرستان شاهرود جمع‌آوری و پس از هواخشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن

برای خاک‌ها سودمند باشد (۳۴). اثرات مثبت بازگرداندن بقایای گیاهی به خاک بر ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله کاهش چگالی ظاهری خاک، بهبود ساختمان خاک، افزایش تخلخل و بهبود دسترسی گیاه به آب در مزرعه در پژوهش‌های شاور و همکاران^۱ (۳۶)، میرزایی و محمود آبادی (۳۰)، بلانکو-کانکویی و لال^۲ (۶) گزارش شده است.

خشکی زیاد در مناطق خشک در سال‌های اخیر موجب جدی شدن پدیده‌ای دیگر به نام آبگریزی نیز شده است (۱۹). آبگریزی خاک پدیده‌ای است که از ورود آسان آب به داخل خاک جلوگیری می‌نماید. آبگریزی می‌تواند به دلیل کاهش نفوذ آب به خاک باعث کاهش ذخیره رطوبتی خاک و آب قابل دسترس گیاه گردد. همچنین آبگریزی می‌تواند سبب افزایش رواناب سطحی، افزایش خطر فرسایش و هدر رفت عناصر غذایی شود (۶). از سوی دیگر وجود لایه آبگریز در سطح خاک باعث شده در مناطق خشک در طول بارندگی آب از داخل مسیرهای ویژه وارد و تا عمق بیشتری از خاک نفوذ نماید. بنابراین در این مناطق آبگریزی می‌تواند در ذخیره رطوبت در خاک مؤثر باشد (۱۰). همچنین پژوهش بچمن و همکاران^۳ (۴) نیز نشان داد وجود آبگریزی در خاک موجب کاهش تبخیر از سطح و حفظ ذخایر رطوبتی خاک می‌شود. به علاوه مقادیر کم آبگریزی به دلیل کاهش سرعت ورود آب به داخل خاکدانه‌ها سبب افزایش پایداری خاکدانه‌ها نیز می‌شود (۶).

عوامل پرشمار از جمله وجود مواد آلی آبگریز (اسیدهای چرب، صمغ و تانن)، ویژگی‌های شیمیایی محلول خاک و مواد تولید شده توسط ریشه‌های گیاهی و ریزجانداران خاک، باعث تغییر آبگریزی خاک می‌شوند (۱۷ و ۱۸). گرابر و همکاران^۴ (۱۷) اثر مثبت یون‌های دو ظرفیتی بر افزایش آبگریزی در خاک‌های خنثی و آهکی

1- Shaver *et al.*

2- Blanco-Canqui and Lal

3- Bachmann *et al.*

4- Graber *et al.*

5- Blanco-Canqui and Lal

$$SSS = 0.064EC \times \frac{SP}{100} \quad (2)$$

در این رابطه SSS درصد نمک خاک، EC قابلیت هدایت الکتریکی خاک و SP درصد اشباع خاک است. مقدار نمک محاسبه شده هر تیمار در آب مقطر مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک به ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه حل شده و بر روی خاک اسپری و به طور کامل با خاک مخلوط شد.

در هر گلدان ۱۰۰۰ گرم از خاک هر تیمار در گلدان-های یک کیلوگرمی با چگالی ظاهری ۱/۳۵ ریخته شد و گلدان‌ها به مدت ۵۰ روز در گلخانه نگهداری شدند. در طول انجام آزمایش متوسط دمای روز و شب در گلخانه بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. در طول آزمایش گلدان‌ها بر اساس کاهش وزن در فواصل دو روز یک بار با آب مقطر آبیاری شدند.

ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و فیزیکی خاک

ماده آلی

پس از پایان دوره انکوباسیون، مقدار ماده آلی خاک به روش سوزاندن تر اندازه‌گیری شد (۸).

غلظت کربوهیدرات خاک

برای عصاره‌گیری از کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ، ۱۰ میلی‌لیتر آب با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به یک گرم خاک (عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متر) اضافه شد و به مدت ۲/۵ ساعت در حمام آبی حرارت داده شد. برای عصاره‌گیری از کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق، ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۰/۲۵ مولار به یک گرم خاک اضافه شد و به مدت ۱۶ ساعت تکان داده شد. سپس سوسپانسیون به دست آمده در هر دو روش سانتریفیوژ شدند. غلظت کربوهیدرات توسط روش فنل-اسید سولفوریک به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر و به کمک استاندارد گلوکز اندازه‌گیری شد (۱۲).

اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتر و پ-هاش و قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع خاک به وسیله پ-هاش متر و هدایت سنج اندازه‌گیری شد. همچنین ماده آلی در خاک به روش سوزاندن تر، آهک خاک با روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون برگشتی با هیدروکسید سدیم، فسفر قابل جذب با روش اولسن، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و نیتروژن کل به روش کلدال اندازه‌گیری شد. همچنین در عصاره اشباع خاک غلظت سدیم (میلی-اکی‌والان در لیتر) به روش شعله سنجی و غلظت کلسیم و منیزیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر) به روش تیتراسیون با EDTA اندازه‌گیری گردید و نسبت جذب سدیم (SAR) به کمک رابطه ۱ محاسبه شد (۸).

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}} \quad (1)$$

برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ذکر شده است.

بقایای گیاهی برگ انگور و پوست انار از سطح باغ-های استان سمنان جمع‌آوری شد و پس از خشک شدن در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، خرد و از الک یک میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های بقایای مورد مطالعه در جدول ۲ ذکر شده است. سپس بقایا به میزان صفر، ۲ و ۵ گرم در ۱۰۰ گرم خاک در هر تیمار با خاک مورد مطالعه (کوچکتر از ۴ میلی‌متر) مخلوط شد. همچنین به منظور اعمال تیمار شوری از نمک کلرید کلسیم استفاده شد. برای اعمال تیمار شوری و رساندن قابلیت هدایت الکتریکی خاک از مقدار اولیه ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر به ۷ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، درصد اولیه و ثانویه نمک خاک از رابطه ۲ محاسبه شد. سپس مقدار نمک مورد نیاز در هر تیمار شوری از تفاضل مقادیر فوق تعیین گردید (۱۳).

درستکار و والی: بررسی پایداری ساختمان و آبریزی خاک...

جدول (۱) برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table (1) Selected characteristics of studied soil

پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن کل Total N	کربن آلی Organic carbon	نسبت جذب سدیم (SAR)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS m ⁻¹)	پ-هاش (pH)	بافت خاک (soil texture)
(mg kg ⁻¹)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(%)	(%)				لوم رسی
173	16.7	0.23	0.89	5.22	1.5	7.8	

جدول (۲) برخی از ویژگی‌های بقایای گیاهی مورد استفاده

Table (2) Selected characteristics of plant residues

C:N	نیتروژن کل (Total N) درصد (%)	کربن آلی (Organic carbon) درصد (%)	نوع بقایا Residues
14.5	2.1	30.45	برگ انگور (Grape leave)
37.2	1.1	40.9	پوست انار (Pomegranate peel)

نفوذسنج (۲ میلی متر) و f تخلخل هوایی (سانتی‌متر مکعب در سانتی‌متر مکعب) است. همچنین با استفاده از رابطه ۴ شاخص آبریزی (R) محاسبه شد (۲۱):

$$RI = 1.95 \frac{S_E}{S_W} \quad (۴)$$

در این رابطه RI شاخص آبریزی، S_E و S_W به ترتیب جذب پذیری اتانول و آب می‌باشد. مقادیر شاخص آبریزی ۱، $1/95 >$ و $50 >$ به ترتیب بیانگر عدم وجود آبریزی، وجود آبریزی زیر حد بحرانی و آبریزی زیاد در خاک است (۱۷).

اندازه‌گیری رس قابل پراکنش در آب

برای اندازه‌گیری رس قابل پراکنش در آب، ۴ گرم خاک (عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متر) که در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد خشک شده بود به لوله‌های سانتریفیوژ ۴۰ میلی‌لیتری منتقل شد و ۳۰ میلی‌لیتر آب به هر لوله اضافه شد و روی شیکر به مدت ۱ ساعت با سرعت ۹۰ دور در دقیقه تکان داده شد. سپس لوله‌ها به حالت ساکن روی میز قرار داده شد و زمان لازم برای ته نشست ذرات سیلت به وسیله قانون استوکر محاسبه شد. در زمان مورد نظر ۲/۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون در عمق ۲/۵ سانتیمتری برداشت و پس از خشک شدن در آون، وزن آن محاسبه شد و سپس مقدار رس قابل پراکنش در

تنفس میکروبی پایه

برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک ۵۰ گرم خاک با رطوبت ظرفیت مزرعه برای یک هفته در ظروف شیشه‌ای مخصوص تنفس در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در انکوباتور نگهداری شد و دی‌اکسید کربن آزاد شده در این مدت توسط هیدروکسید سدیم یک نرمال جمع-آوری و مقدار آن با استفاده از تیتراسیون سود باقی مانده با اسید سولفوریک ۰/۵ نرمال تعیین شد (۳).

اندازه‌گیری آبریزی

اندازه‌گیری جذب آب و اتانول بر روی نمونه‌های خاک تهیه شده توسط استوانه‌های با ارتفاع و قطر ۳ سانتی‌متر انجام شد. در ابتدا خاک در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد خشک شد و سپس با استفاده از یک نفوذسنج مینیاتوری با یک سر با قطر ۲ میلی‌متر میزان جذب آب و اتانول در نمونه‌ها در زمان‌های اولیه نفوذ (۱۸۰ ثانیه) توسط یک ترازو در فواصل ۵ ثانیه اندازه‌گیری شد. سپس جذب‌پذیری آب (S_W) و اتانول (S_E) در زمان‌های اولیه نفوذ به کمک رابطه ۳ محاسبه شد (۲۱):

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \quad (۳)$$

در این رابطه Q سرعت جریان ماندگار (سانتی‌متر مکعب در ثانیه)، b مقدار ثابت ۰/۵۵، r شعاع لوله

طول یک روز شد (جدول ۶). شوری خاک یکی از تنش‌های غیرزیستی بوده که تأثیر بسیار زیادی بر جمعیت و فعالیت ریزجانداران خاک دارد (۲۷). افزایش شوری خاک باعث تحمیل تنش اسمزی و ایجاد سمیت یونی برای ریزجانداران خاک شده و از این طریق فیزیولوژی و مسیر متابولیکی آن‌ها را تغییر می‌دهد (۳۵). مشابه با نتایج حاصل از این تحقیق یوان و همکاران^۱ (۴۴) تأثیر شوری را بر فعالیت، جمعیت و ساختار جمعیت ریزجانداران خاک بررسی کردند و روابط نمایی منفی معنی‌داری بین سطح شوری و تنفس خاک مشاهده نمودند. جعفری و همکاران (۲۴) نیز در پژوهشی کاهش تنفس میکروبی خاک با افزایش شوری از ۲ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند.

مقدار کربن خاک

همانطور که انتظار می‌رفت، اثر مقدار بقایای گیاهی اضافه شده به خاک بر مقدار کربن آلی خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳). به طور میانگین افزودن دو درصد بقایای گیاهی باعث افزایش ۷۳ درصدی کربن آلی خاک در مقایسه با تیمار شاهد (فاقد بقایای گیاهی) شد و افزودن ۵ درصد بقایای گیاهی، میزان کربن خاک را بیش از دو برابر در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۴).

مقدار کربن آلی خاک در تیمار دارای بقایای پوست انار به طور معنی‌داری نسبت به تیمار دارای برگ انگور بیش‌تر بود (جدول ۵). یکی از دلایل افزایش بیشتر مقدار کربن آلی خاک در حضور بقایای پوست انار مقدار بیشتر کربن در این بقایا (۴۰/۹ درصد) نسبت به بقایای برگ انگور (۳۰/۴۵ درصد) است. همچنین کیفیت بقایای مورد استفاده از نظر مقدار نیتروژن و C:N متفاوت بوده و احتمالاً مقدار C:N بیش‌تر در بقایای پوست انار (۳۷/۲)، تجزیه‌پذیری این بقایا را کاهش داده است. نسبت C:N و مقدار نیتروژن بقایا از عوامل شناخته

آب به صورت بخشی از کل خاک مورد استفاده در این آزمایش بدست آمد (۹).

نتایج و بحث

تنفس میکروبی پایه خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقدار بقایای گیاهی اضافه شده به خاک بر تنفس میکروبی پایه خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش مقدار بقایای گیاهی به میزان ۲ و ۵ درصد به ترتیب سبب افزایش ۳۳ و ۵۵ درصدی تنفس میکروبی پایه خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد و تفاوت این شاخص بین دو سطح مورد مطالعه نیز معنی‌دار بود (جدول ۴). شاخص تنفس میکروبی پایه خاک تحت تأثیر میزان کربن آلی خاک است. مواد آلی منبع مواد غذایی ریزجانداران خاک بوده و افزایش مقدار بقایای اضافه شده به خاک سبب تحریک فعالیت میکروبی خاک شده و این موضوع تنفس میکروبی پایه خاک را به عنوان شاخص مناسبی از این فعالیت افزایش می‌دهد (۳۱ و ۳۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع بقایای گیاهی اضافه شده به خاک بر تنفس میکروبی پایه خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تنفس میکروبی پایه خاک به طور متوسط در تیمار بقایای برگ انگور ۱۵/۵ درصد بیش‌تر از تیمار حاوی پوست انار بود (جدول ۵). پژوهش‌ها نشان داده است که کیفیت بقایای گیاهی بر شاخص‌های میکروبی خاک مؤثر می‌باشد (۳۴). بقایای با نسبت C:N بیشتر تجزیه‌پذیری کم‌تری داشته (۳۷) و به نظر می‌رسد بیش‌تر بودن میزان تنفس پایه میکروبی در تیمار دارای بقایای برگ انگور به دلیل کم‌تر بودن نسبت C:N در این بقایا در مقایسه با بقایای پوست انار باشد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری خاک بر تنفس میکروبی پایه خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش شوری از ۱/۵ تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش تنفس میکروبی از ۴۱۴ به ۲۶۰ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن به کیلوگرم خاک در

درستکار و والی: بررسی پایداری ساختمان و آبگریزی خاک...

جدول (۳) تجزیه واریانس مربوط به اثرهای اصلی و متقابل نوع و مقدار بقایا و شوری بر مقدار کربن آلی، کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ، کربوهیدرات قابل عصاره گیری با اسید رقیق و تنفس میکروبی پایه خاک

Table (3) Analysis of variance of amount of plant residue, plant residue type and salinity on microbial basal respiration, organic carbon and hot water and acid extractable carbohydrates in soil

میانگین مربعات				درجه آزادی df	منبع تغییرات Variable source
کربوهیدرات قابل عصاره گیری با اسید رقیق Acid extractable carbohydrate	کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ Hot water extractable carbohydrate	کربن آلی Organic carbon	تنفس میکروبی پایه Basal microbial respiration		
0.049 ^{ns}	0.044 ^{ns}	0.252 [*]	30293 ^{**}	1	نوع بقایا (Type of residue)
10.72 ^{**}	1.86 ^{**}	4.28 ^{**}	93065 ^{**}	2	مقدار بقایا (Amount of residues)
7.14 ^{**}	1.37 ^{**}	1.25 ^{**}	107480 ^{**}	2	شوری (Salinity)
0.008 ^{ns}	0.053 ^{ns}	0.07 ^{ns}	7723 ^{**}	2	نوع بقایا × مقدار بقایا (Type of residue × Amount of residues)
0.024 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.003 ^{ns}	234 ^{ns}	2	نوع بقایا × شوری (Type of residue × Salinity)
0.472 ^{ns}	0.035 ^{ns}	0.237 ^{**}	886 ^{ns}	4	مقدار بقایا × شوری (Amount of residue × Salinity)
0.005 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.888 ^{ns}	125 ^{ns}	4	نوع بقایا × مقدار بقایا × شوری (Type of Residue × Amount of residues × Salinity)
0.198	0.110	0.056	799	36	خطای آزمایش (Error)

* و ** به ترتیب بیانگر اثر معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد آزمون LSD می باشد. ^{ns} بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد.

* means $P < 0.05$; ** means $P < 0.01$; ns means not significant.

جدول (۴) مقایسه میانگین اثر مقدار بقایا بر کربن آلی، کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ، کربوهیدرات قابل عصاره گیری با اسید رقیق و تنفس میکروبی پایه خاک ($p < 0.05$)

Table (4) Effect of amount of crop residues on microbial basal respiration, organic carbon and hot water and acid extractable carbohydrates in soil ($P < 0.05$)

کربوهیدرات قابل عصاره گیری با اسید رقیق Acid extractable carbohydrate (میلی گرم در گرم خاک) (mg g^{-1})	کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ Hot water extractable carbohydrate (میلی گرم در گرم خاک) (mg g^{-1})	کربن آلی Organic carbon (درصد) (%)	تنفس میکروبی پایه Basal microbial respiration (میلی گرم دی اکسید کربن در کیلوگرم خاک در یک روز) ($\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil day}^{-1}$)	مقدار بقایا Amount of residue (درصد)
1.29 ^c	0.61 ^c	0.71 ^c	259 ^c	0
1.85 ^b	0.98 ^b	1.23 ^b	345 ^b	2
2.81 ^a	1.25 ^a	1.68 ^a	402 ^a	5

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد (بر اساس آزمون LSD).

Values with similar letters are not significantly different (LSD)

کاهش فرایند تنفس و تجزیه مواد آلی، موجب افزایش بقای این مواد در خاک شده است (۲۴).

غلظت کربوهیدرات خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقدار بقایای گیاهی تاثیر معنی داری بر غلظت کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ و اسید رقیق داشته است (جدول ۳).

شده در تجزیه پذیری بقایا و معدنی شدن آن‌ها است (۲) و (۳۷). میرزایی و محمودآبادی (۳۰) نیز افزایش بیش‌تر کربن آلی خاک در اثر افزودن بقایای با C:N بیش‌تر را گزارش کردند. همچنین افزایش شوری نیز میزان کربن آلی خاک را افزایش داد (جدول ۶). به نظر می‌رسد افزایش غلظت املاح در خاک با کاهش جمعیت میکروبی و در نتیجه

جدول (۵) مقایسه میانگین اثر نوع بقایا بر میزان کربن آلی، کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ، کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق و تنفس میکروبی پایه خاک ($p < 0.05$)

Table (5) Effect of type of crop residues on microbial basal respiration, organic carbon and hot water and acid extractable carbohydrates in soil ($P < 0.05$).

کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق Acid extractable carbohydrate (میلی گرم در گرم خاک) (mg g^{-1})	کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ Hot water extractable carbohydrate (میلی گرم در گرم خاک) (mg g^{-1})	کربن آلی Organic carbon (درصد) (%)	تنفس میکروبی پایه Basal microbial respiration (میلی گرم دی‌اکسید کربن در کیلوگرم خاک در یک روز) ($\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil day}^{-1}$)	نوع بقایا Type of residue
1.95 ^a	0.920 ^a	1.14 ^b	359 ^a	برگ انگور (Grape leave)
2.01 ^a	0.978 ^a	1.27 ^a	311 ^b	پوست انار (Pomegranate peel)

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می‌باشد (بر اساس آزمون LSD).

Values with similar letters are not significantly different (LSD)

جدول (۶) مقایسه میانگین اثر شوری بر کربن آلی، کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ، کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق و تنفس میکروبی پایه خاک ($p < 0.05$)

Table (6) Effect of salinity on microbial basal respiration, organic carbon and hot water and acid extractable carbohydrates in soil ($P < 0.05$).

کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق Acid extractable carbohydrate (میلی گرم در گرم خاک) (mg g^{-1})	کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ Hot water extractable carbohydrate (میلی گرم در گرم خاک) (mg g^{-1})	کربن آلی Organic carbon (درصد) (%)	تنفس میکروبی پایه Basal microbial respiration (میلی گرم دی‌اکسید کربن در کیلوگرم خاک در یک روز) ($\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ soil day}^{-1}$)	شوری Salinity (dS m^{-1})
1.38 ^c	0.68 ^c	0.93 ^c	414 ^a	1.5
1.93 ^b	0.93 ^b	1.22 ^b	331 ^b	7
2.64 ^a	1.23 ^a	1.46 ^a	260 ^c	15

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می‌باشد (بر اساس آزمون LSD).

Values with similar letters are not significantly different (LSD)

کردند. زوبیر و همکاران^۲ (۴۵) نیز افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها را در اثر افزودن کود سبز به خاک گزارش کرده بودند. اسپارلینگ و همکاران^۳ (۳۸) و حسینی و همکاران (۲۳) نیز در مطالعه خود رابطه مثبت و معنی‌داری بین مقدار کربن آلی خاک و کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ را مشاهده نمودند.

رس قابل پراکنش در آب

نوع بقایای مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری بر مقدار رس قابل پراکنش نداشته است حال آنکه اثر مقدار بقایا بر رس قابل پراکنش در آب در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۷). افزودن ۲ و ۵ درصد بقایای گیاهی به خاک سبب کاهش ۲۶ و ۴۱ درصدی رس قابل پراکنش در آب نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۸). اثر شوری خاک نیز بر مقدار رس قابل پراکنش در آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). افزایش شوری از ۱/۵ به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش رس قابل پراکنش در آب از ۴۵/۱ به ۳۱/۲ گرم در کیلوگرم خاک شد (جدول ۹).

رس قابل پراکنش در آب یکی از شاخص‌های نشان‌دهنده پایداری ساختمان خاک می‌باشد. هر عاملی که سبب افزایش پایداری خاکدانه‌ها در خاک شود، می‌تواند مقدار رس قابل پراکنش در آب را کاهش دهد (۲۳). عامل‌های مؤثر بر تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها به دو دسته عامل‌های درونی (ویژگی‌های ذاتی خاک) و عامل‌های بیرونی (ویژگی‌های محیطی و جانداران خاک) تقسیم می‌شوند. مقدار کربن خاک به صورت آلی (فتول-ها، لیگنین، کربوهیدرات‌ها، پلی‌ساکاریدها و ترکیب‌های هومیک) و معدنی (کربنات‌های اولیه و ثانویه)، مقدار و نوع کانی‌های رسی در خاک و وجود کاتیون‌ها و شوری از عامل‌های تعیین‌کننده پایداری ساختمان خاک هستند (۷). اثرات مثبت افزودن مواد آلی به خاک بر افزایش خاکدانه‌سازی و پایداری ساختمان خاک به خوبی

با افزایش مقدار بقایا در خاک مقدار کربوهیدرات‌های مورد بررسی به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طور متوسط افزودن ۲ درصد بقایای گیاهی به ترتیب سبب افزایش ۶۰ و ۴۳ درصدی کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ و اسید رقیق در مقایسه با تیمار شاهد (بدون بقایای گیاهی) شده بود. همچنین افزودن ۵ درصد بقایای گیاهی نیز سبب دو برابر شدن غلظت هر دو نوع کربوهیدرات مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد شده بود (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری دارای اثر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر غلظت کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ و اسید رقیق بوده است (جدول ۳). افزایش شوری خاک افزایش غلظت هر دو نوع کربوهیدرات مورد بررسی در این پژوهش را به همراه داشت (جدول ۶).

کربوهیدرات‌ها بخش قابل توجهی از بقایای گیاهی را شامل می‌شوند و افزودن بقایای گیاهی به خاک غلظت آن‌ها را افزایش می‌دهد (۴۵). همچنین کربوهیدرات‌ها به عنوان بخش قابل توجهی از ماده آلی خاک شناخته شده و ۵ تا ۲۵ درصد از مواد آلی خاک را تشکیل می‌دهند (۱۴). در نتیجه احتمالاً افزایش ماده آلی در خاک در اثر افزایش مقدار بقایای مورد استفاده سبب افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها در خاک شده است و از طرفی افزایش سطح شوری خاک با ممانعت از فرایند تجزیه این مواد طی فرایند تنفس میکروبی خاک دلیلی بر افزایش سطح این ترکیبات در خاک با افزایش سطح شوری می‌باشد (۲۴).

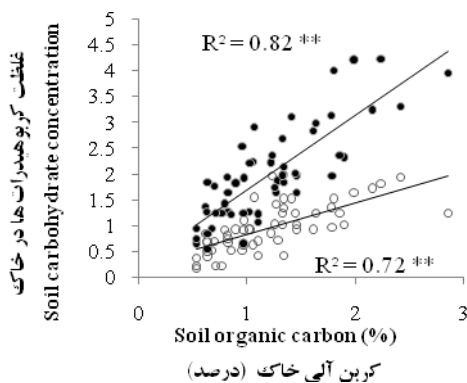
وجود همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد بین مقدار کربن آلی خاک و غلظت کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ($r = 0/72$) و کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسید رقیق ($r = 0/82$) تأیید کننده این مدعا می‌باشد (شکل ۱). غنی و همکاران^۱ (۱۶) نیز در یک مطالعه صحرائی ارتباط مثبت و معنی‌دار بین غلظت کربوهیدرات‌ها در خاک و ماده آلی خاک را مشاهده

2- Zubair et al.

3- Sparling et al.

1- Ghani et al.

شناخته شده است. مقدار و ترکیب پسماندهای گیاهی
 پیوندهای استری و الکترواستاتیکی باعث اتصال ذرات
 اضافه شده به خاک می تواند پایداری ساختمان خاک را
 کلئیدی خاک به یکدیگر شده و از تخریب خاکدانه ها
 تحت تأثیر قرار دهد (۷). مواد آلی از طریق ایجاد
 جلوگیری می نماید (۲۵).



شکل (۱) همبستگی بین کربن آلی خاک و غلظت کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ (○) و اسید رقیق (●) در خاک
 Figure (1) Pearson correlation coefficient between soil organic carbon and hot water (○) and acid extractable (●) carbohydrates

جدول (۷) تجزیه واریانس مربوط به اثرهای اصلی و متقابل نوع و مقدار بقایا و شوری بر رس قابل پراکنش در آب، جذب- پذیري آب، جذب پذيري اتانول و شاخص آبگريزي

Table (7) Analysis of variance of amount of plant residue, plant residue type and salinity on water dispersible clay, water and ethanol sorptivity and water repellency index

میانگین مربعات					
شاخص آبگريزي Water repellency Index	جذب پذيري اتانول Ethanol sorptivity	جذب پذيري آب Water sorptivity	رس قابل پراکنش در آب Water dispersible clay	درجه آزادي	منبع تغييرات Variable source
1.97 **	0.0012 ns	0.00014 ns	93.77 ns	1	نوع بقايا (Type of residue)
15.51 **	0.0128 **	0.00201 *	1934.19 **	2	مقدار بقايا (Amount of residues)
9.19 **	0.0101 **	0.00087 ns	861.19 **	2	شوري (Salinity)
0.059 ns	0.0009 ns	0.00037 ns	28.77 ns	2	نوع بقايا × مقدار بقايا (Type of residue × Amount of residues)
0.08 ns	0.0023 ns	0.00044 ns	7.97 ns	2	نوع بقايا × شوري (Type of residue × Salinity)
0.35 ns	0.0054 *	0.00119 ns	30.99 ns	4	مقدار بقايا × شوري (Amount of residue × Salinity)
0.049 ns	0.0015 ns	0.00046 ns	1.22 ns	4	نوع بقايا × مقدار بقايا × شوري (Type of residue × Amount of residues × Salinity)
0.26	0.0016	0.00049	48.90	36	خطای آزمایش (Error)

* و ** به ترتیب بیانگر اثر معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد آزمون LSD می باشد. ns بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد.

* means $P < 0.05$; ** means $P < 0.01$; ns means not significant.

درستکار و والی: بررسی پایداری ساختمان و آبگریزی خاک...

جدول (۸) مقایسه میانگین اثر مقدار بقایا بر رس قابل پراکنش در آب، جذب پذیری آب و جذب پذیری اتانول ($p < 0.05$)

جذب پذیری اتانول Ethanol sorptivity (میلی متر بر جذر ثانیه) ($\text{mm S}^{-0.5}$)	جذب پذیری آب Water sorptivity (میلی متر بر جذر ثانیه) ($\text{mm S}^{-0.5}$)	رس قابل پراکنش در آب Water dispersible clay (گرم در کیلوگرم خاک) (g kg^{-1})	مقدار بقایا (Amount of residue) (درصد)
0.162 ^b	0.114 ^a	49.2 ^a	0
0.193 ^a	0.102 ^{ab}	36.4 ^b	2
0.215 ^a	0.093 ^b	28.7 ^c	5

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد (بر اساس آزمون LSD).

Values with similar letters are not significantly different (LSD)

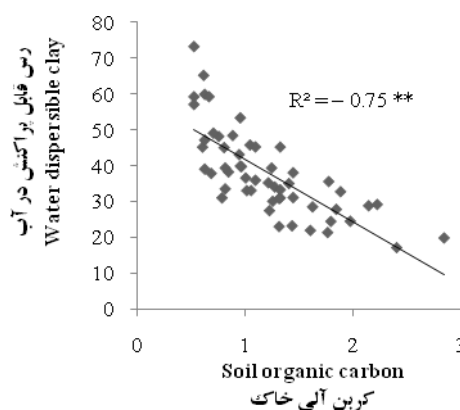
جدول (۹) مقایسه میانگین اثر شوری بر رس قابل پراکنش در آب، جذب پذیری آب و جذب پذیری اتانول ($p < 0.05$)

Table (9) Effect of type of crop residues on water dispersible clay and water and ethanol sorptivity in soil ($P < 0.05$)

جذب پذیری اتانول Ethanol sorptivity (میلی متر بر جذر ثانیه) ($\text{mm S}^{-0.5}$)	جذب پذیری آب Water sorptivity (میلی متر بر جذر ثانیه) ($\text{mm S}^{-0.5}$)	رس قابل پراکنش در آب Water dispersible clay (گرم در کیلوگرم خاک) (g kg^{-1})	شوری Salinity (دسی زیمنس بر متر) (dS m^{-1})
0.172 ^b	0.110 ^a	45.1 ^a	1.5
0.181 ^b	0.101 ^a	38.0 ^b	7
0.217 ^a	0.097 ^a	31.2 ^c	15

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد (بر اساس آزمون LSD).

Values with similar letters are not significantly different (LSD)



شکل (۲) ضریب همبستگی پیرسون بین کربن آلی خاک و رس قابل پراکنش در خاک

Figure (2) Pearson correlation coefficient between soil organic carbon and water dispersible clay

بین کربن آلی خاک و مقدار رس قابل پراکنش در آب
($r = -0.75$) بوده است (شکل ۲).

افزایش غلظت کربوهیدراتها در خاک نیز می تواند
به افزایش پایداری ساختمان خاک کمک نماید.
کربوهیدراتها به عنوان یک عامل پیونددهنده ناپایدار

بنابراین کاهش رس قابل پراکنش در آب در اثر افزایش
مقدار بقایای گیاهی اضافه شده به خاک در این پژوهش
احتمالاً به دلیل افزایش مقدار کربن آلی خاک می باشد.
نتایج همبستگی نیز نشان دهنده همبستگی منفی معنی دار

پذیری اتانول نسبت به تیمار شاهد (بدون بقایا) گردید، با این وجود بین تیمار ۲ و ۵ درصد بقایا تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۸). همچنین افزایش شوری از ۱/۵ به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نیز سبب افزایش جذب پذیری اتانول گردید. با این وجود تفاوت بین دو سطح ۱/۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر معنی دار نبود. (جدول ۹).

شاخص آبگریزی در خاک در تیمارهای مختلف بیش از ۱/۹۵ و در دامنه ۲/۳ و ۵/۹ بود که نشان دهنده وجود آبگریزی زیر بحرانی در خاک تیمارهای مختلف این پژوهش بوده است (۲۹ و ۳۹). افزایش مقدار ۲ و ۵ درصد بقایای گیاهی به طور متوسط به ترتیب سبب افزایش ۳۸ و ۶۷ درصدی شاخص آبگریزی در خاک نسبت به تیمار شاهد (بدون بقایا) شد (شکل ۳). همچنین مقدار این شاخص در تیمارهای دارای بقایای پوست انار ۱۰ درصد بیش‌تر از بقایای برگ انگور بود (شکل ۴). افزایش شوری خاک از ۱/۵ به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نیز به طور متوسط سبب افزایش شاخص آبگریزی از ۳/۰۵ به ۴/۵۳ شد (شکل ۵).

یکی از دلایل افزایش آبگریزی و کاهش جذب-پذیری آب در اثر افزایش مقدار پسماندهای گیاهی تا سطح ۵ درصد، احتمالاً کشش سطحی کم ترکیبات آلی و وجود گروه‌های غیر قطبی در این ترکیبات بوده است. قرارگیری این ترکیبات از سر آبگریز روی سطوح ذرات خاک سبب کاهش جذب پذیری آب و ایجاد آبگریزی می‌شود (۴۲). مشابه با این نتایج ووگلمن و همکاران^۴ (۴۱) نیز رابطه منفی و معنی‌دار بین مقدار ماده آلی خاک و جذب‌پذیری آب را گزارش نموده‌اند. بررسی رابطه بین پارامترهای مورد مطالعه نشان‌دهنده‌ی همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص آبگریزی و مقدار کربن آلی خاک ($r = 0.76$) می‌باشد (شکل ۶).

برای خاکدانه‌ها شناخته شده که به سرعت توسط جمعیت میکروبی خاک تجزیه می‌شوند. این مواد در اثر تجزیه بقایای گیاهی و جانوری در خاک ایجاد شده و در کوتاه مدت سبب پایداری خاکدانه‌های درشت خاک می‌شوند (۴۰). باتاچاریا و همکاران^۱ (۵) افزایش پایداری ساختمان خاک در اثر افزودن مواد آلی به خاک را مشاهده نمودند. نوتیج و همکاران^۲ (۳۲) نیز در پژوهشی خاکستر چوب بقایای بادام زمینی را به خاک اضافه نموده و بهبود تخلخل خاک و ساختمان خاک در اثر افزودن این بقایا را مشاهده نمودند. به طور مشابه شاور و همکاران^۳ (۳۶) نیز گزارش کردند که افزایش زی‌توده حاصل از برگ‌راندن بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش تشکیل خاکدانه‌های درشت به ویژه در ۲/۵ سانتی‌متری سطح خاک می‌شود.

به علاوه افزایش شوری سبب افزایش غلظت کاتیون کلسیم در خاک شده و این کاتیون دو ظرفیتی به صورت پلی بین ذرات خاک و گروه‌های عامل مواد آلی عمل نموده و سبب استحکام خاکدانه‌ها می‌شود (۷). در واقع کمپلکس رس-کاتیون-ترکیبات آلی از عوامل اصلی پایدارکننده درون خاکدانه‌های ریز محسوب می‌شوند (۴۰).

آبگریزی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده‌ی اثر معنی‌دار مقدار بقایا بر جذب‌پذیری آب در سطح ۵ درصد و اثر معنی‌دار مقدار بقایا و شوری بر جذب‌پذیری اتانول در سطح یک درصد می‌باشد. همچنین اثر مقدار و نوع بقایا و شوری خاک بر شاخص آبگریزی در خاک در سطح یک درصد به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۷). افزایش مقدار بقایا سبب کاهش ۱۸ درصدی جذب‌پذیری آب نسبت به تیمار شاهد (بدون بقایا) شد و این کاهش تنها در تیمار افزودن ۵ درصد بقایای گیاهی نسبت به شاهد معنی‌دار بود. همچنین افزایش مقدار بقایا سبب افزایش جذب-

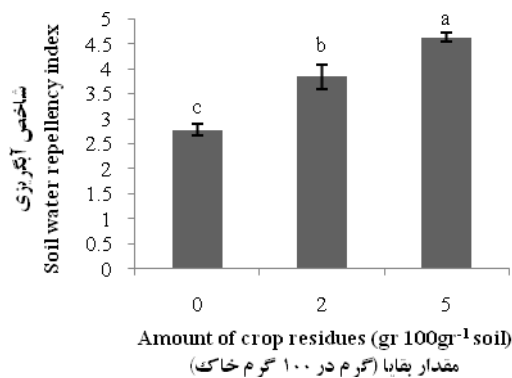
1- Bhattacharyya *et al.*

2- Nottidge *et al.*

3- Shaver *et al.*

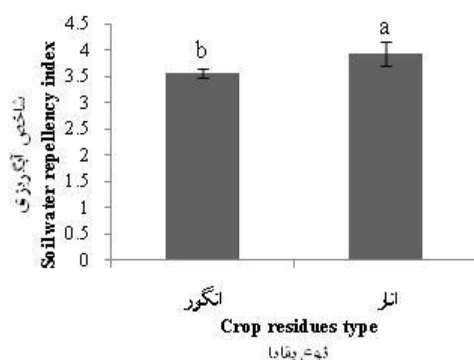
4- Vogelmann *et al.*

درستکار و والی: بررسی پایداری ساختمان و آبگریزی خاک...



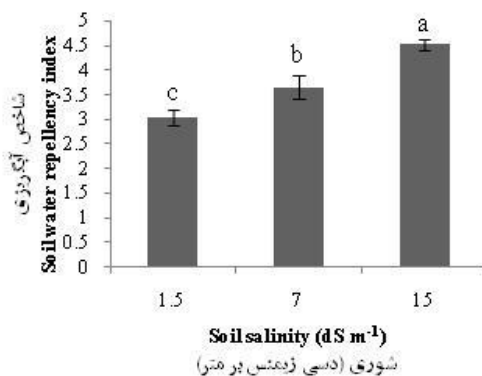
شکل (۳) اثر مقدار بقایا بر شاخص آبگریزی خاک ($p < 0.05$)

Figure (3) Effect of amount of crop residues on soil water repellency index ($p < 0.05$)



شکل (۴) اثر نوع بقایا بر شاخص آبگریزی خاک ($p < 0.05$)

Figure (4) Effect of type of crop residues on soil water repellency index ($p < 0.05$)



شکل (۵) اثر شوری بر شاخص آبگریزی خاک ($p < 0.05$)

Figure (5) Effect of salinity on soil water repellency index ($p < 0.05$)

مطالعه اثر اندوفایت‌ها بر آبگریزی خاک، کاهش نفوذ آب به خاک در اثر افزایش کربن آلی خاک و غلظت کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ را گزارش نمودند. بلانکو-کانکویی و لال^۱ (۶) نیز در مطالعه اثرات خاکورزی بر آبگریزی خاک، وجود همبستگی مثبت بین

افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها در خاک نیز در اثر افزایش سطوح بقایای مورد استفاده می‌تواند از دلایل افزایش آبگریزی باشد. در این راستا همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص آبگریزی و غلظت کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ($r = 0.66$) و اسید رقیق ($r = 0.78$) مشاهده شد (شکل ۷). حسینی و همکاران (۲۳) نیز در

1- Blanco-Canqui and Lal

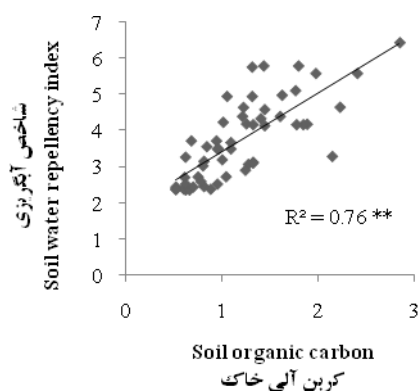
مواد آلی خاک و آبگریزی آن را مشاهده نمودند. همچنین C:N بیشتر بقایای پوست انار و تجزیه پذیری کم-تر آن باعث شده تا مقدار کربن آلی در تیمار دارای بقایای پوست انار بیش تر از برگ انگور باشد و احتمالاً این عامل سبب توسعه بیش تر آبگریزی در این تیمار شده است (جدول ۲). همچنین نوع ترکیبات موجود در بقایای پوست انار نیز می تواند موجب این نتیجه باشد که باید بیشتر مورد تحلیل و آزمایش قرار گیرد.

افزایش آبگریزی در اثر شوری به دلایل مختلفی از جمله تغییر در انرژی آزاد سطحی خاک رخ می دهد. زاویه تماس آب با خاک در ارتباط با انرژی آزاد سطح جامد-گاز، انرژی آزاد سطح جامد-مایع و انرژی آزاد

سطح گاز-مایع است (۴۳). به نظر می رسد یکی از دلایل توسعه آبگریزی با افزایش شوری، احتمالاً افزایش غلظت یون کلسیم در محلول خاک بوده است. این یون به صورت پلی بین ذرات خاک و گروه های عامل مواد آلی عمل نموده و پوشش ذرات خاک توسط مواد آبگریز را تسهیل می نماید (۷). افزایش پوشش ترکیب های آبگریز بر روی سطح خاک در حضور کاتیون های دو ظرفیتی می تواند سبب افزایش انرژی آزاد سطح جامد-مایع و کاهش انرژی آزاد سطح جامد-گاز شده و این امر می تواند باعث افزایش زاویه تماس آب و خاک و افزایش آبگریزی در خاک شده باشد (۱۱ و ۳۳).

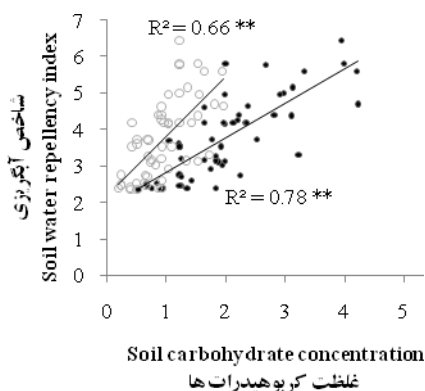
مواد آلی خاک و آبگریزی آن را مشاهده نمودند. همچنین C:N بیشتر بقایای پوست انار و تجزیه پذیری کم-تر آن باعث شده تا مقدار کربن آلی در تیمار دارای بقایای پوست انار بیش تر از برگ انگور باشد و احتمالاً این عامل سبب توسعه بیش تر آبگریزی در این تیمار شده است (جدول ۲). همچنین نوع ترکیبات موجود در بقایای پوست انار نیز می تواند موجب این نتیجه باشد که باید بیشتر مورد تحلیل و آزمایش قرار گیرد.

افزایش آبگریزی در اثر شوری به دلایل مختلفی از جمله تغییر در انرژی آزاد سطحی خاک رخ می دهد. زاویه تماس آب با خاک در ارتباط با انرژی آزاد سطح جامد-گاز، انرژی آزاد سطح جامد-مایع و انرژی آزاد



شکل (۶) همبستگی بین کربن آلی خاک و شاخص آبگریزی

Figure (6) Pearson correlation coefficient between soil organic carbon and water repellency index



شکل (۷) همبستگی بین غلظت کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ (○) و اسید رقیق (●) در خاک و شاخص آبگریزی

Figure (7) Pearson correlation coefficient between hot water (○) and acid (●) extractable carbohydrate concentration in soil and water repellency index

(۱۷) نیز توسعه آبگریزی به دلیل برهمکنش یون‌های کلسیم با اسیدهای چرب در خاک‌های خنثی و آهکی را گزارش نموده‌اند. در مجموع می‌توان گفت که در مناطق خشک، آبگریزی ایجاد شده توسط شوری محلول خاک نیز می‌تواند از ورود آب به داخل خاک جلوگیری و سبب کاهش آب در دسترس گیاهان می‌شود اما خوب است این موضوع در خاک‌های سدیمی نیز بررسی شود.

نتیجه گیری

حجم زیاد تولید برگ انگور و پوست انار در ایران باعث می‌شود تا بتوان به آن به عنوان یک منبع مواد آلی و عناصر غذایی برای گیاه نگریسته شود. اما به نظر می‌رسد در استفاده از این بقایا باید به فاکتورهای دیگری از جمله اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکی خاک نیز توجه شود. افزایش مقدار بقایای مورد استفاده از یک سو سبب افزایش کربن آلی خاک و غلظت کربوهیدرات‌های خاک شده و با کاهش رس قابل پراکنش در آب سبب بهبود پایداری خاکدانه‌ها در خاک شده است. در حالی که از سوی دیگر افزایش مقدار بقایا آبگریزی زیر بحرانی در خاک را افزایش داده است. کاهش جذب پذیری خاک نسبت به آب اثرات مثبت و منفی متفاوتی در خاک داشته و به نظر می‌رسد کاربرد بقایا باید با بررسی‌های بیشتر در زمینه خطرات احتمالی کاربرد بقایا در طولانی مدت بر کاهش امکان دسترسی به آب برای گیاهان انجام پذیرد. همچنین نتایج این پژوهش توسعه آبگریزی در خاک را به عنوان یکی دیگر از آثار شوری در اکوسیستم‌های زراعی مورد توجه قرار داده است. پژوهش‌های بیش‌تر برای درک بهتر مکانیسم‌های دخیل و همچنین بررسی اثرهای منفی این آبگریزی در تولید محصول‌های کشاورزی و نیز بررسی تاثیر شوری ناشی از کاتیون‌های مخرب ساختمان خاک نظیر سدیم بر شاخص آبگریزی خاک پیشنهاد می‌شود.

به علاوه ورود آب به خاک سبب انحلال نمک‌های محلولی شده که در سطح خاک رسوب نموده‌اند. برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که حضور نمک‌های محلول در آب سبب افزایش کشش سطحی مایعات می‌شود (۲۲ و ۲۶). در مجموع کاهش انرژی آزاد جامد-گاز و افزایش کشش سطحی آب و انرژی آزاد در سطح جامد-مایع سبب افزایش زاویه تماس آب و خاک شده و در نتیجه آبگریزی خاک را افزایش می‌دهد (۴۳). مشابه با این نتایج لیلامانیا و کاروب^۱ (۲۶)، توسعه آبگریزی در خاک را با افزایش غلظت الکتروولیت در خاک به دلیل افزایش کشش سطحی گزارش نموده‌اند.

یکی دیگر از دلایل افزایش آبگریزی در خاک، احتمالاً اثر یون‌های دو ظرفیتی کلسیم در خاکدانه‌سازی بوده است. خاکدانه‌های درشت‌تر به مواد آبگریز کم‌تری برای افزایش شدت آبگریزی نیازمند می‌باشند. کاهش رس قابل پراکنش با آب با افزایش شوری خاک نشان دهنده پایداری بیشتر ساختمان خاک بوده است (جدول ۹). افزایش جذب‌پذیری اتانول در خاک با افزایش شوری نیز احتمالاً نشان دهنده بهبود ساختمان در خاک بوده است. جذب‌پذیری آب در خاک تابع وضعیت منافذ و مواد آبگریز در خاک بوده، در حالی که جذب اتانول در خاک تنها تابع وضعیت منافذ در خاک است. بنابراین افزایش جذب‌پذیری اتانول در خاک می‌تواند نشان دهنده ارتباط بهتر بین منافذ خاک در اثر ساختمان‌سازی باشد (۱۵). همچنین خاکدانه‌های پایدارتر باعث حفاظت فیزیکی از مواد آلی آبگریز خاک شده و آن‌ها را از تخریب میکروبی در امان می‌دارد (۱).

از دیگر دلایل افزایش آبگریزی در حضور نمک‌ها، کاهش فعالیت میکروبی و عدم تجزیه بقایای گیاهی با افزایش شوری می‌باشد. این امر منجر به تجمع مواد آلی آبگریز در خاک شده و نفوذ آب به داخل خاک را کاهش می‌دهد. مشابه با این نتایج، گرابر و همکاران^۲

1- Leelamanie and Karube

2- Graber *et al.*

منابع

1. Aelamanesh, P., Mosaddeghi, M.R., Mahboubi, A.A., Ahrens, B., and Sinigani, A.S. 2014. Water repellency in calcareous soils under different land uses in western Iran. *Pedosphere*, 24: 378–390.
2. Akbari, F., Pouri, K., Kamkar, B., and Alimoghadam, S.I. 2012. The effect of wheat, alfalfa, corn, soybeans and cotton on soil K and its uptake by wheat plants. *Journal of Agroecology*, 2: 163–171. (In Persian)
3. Alef, K. 1995. Soil respiration. In Alef, K., and Nannipieri, P. (Eds.), *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Harcourt Brace and Company Pub, London. pp: 214–216.
4. Bachmann, J., Horton, R., and Van der Ploeg, V. 2001. Isothermal and nonisothermal evaporation from four sandy soils of different water repellency. *Soil Science Society of American Journal*, 64: 1599–1607.
5. Bhattacharyya, R., Chandra, S., Singh, R.D., Kundu, S., Srivastva, A.K., and Gupta, H.S. 2007. Long-term farmyard manure application effects on properties of a silty clay loam soil under irrigated wheat-soybean rotation. *Soil and Tillage Research*, 94: 386–396.
6. Blanco-Canqui, H., and Lal R. 2009. Extent of soil water repellency under long-term no-till soils. *Geoderma*, 149: 171–180.
7. Bronick, C. J., and Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124: 3–22.
8. Burt, R. 2004. *Soil survey laboratory methods manual: Soil survey investigations. Version 4.0*. Natural Resources Conservation Service, Nebraska, United States.
9. Burt, R., Reinsch, T.G., and Miller, W.P. 1993. A micro-pipette method for water dispersible clay. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 24: 2531–2544.
10. Dekker, L., and Ritsema, W. 1994. How water moves in a water repellent sandy soil. 1. Potential and actual water repellency. *Water Resource Research*, 30: 2507–2517.
11. Doerr, S.H., and Thomas, A.D. 2000. The role of soil moisture in controlling water repellency: new evidence from forest soils in Portugal. *Journal of Hydrology*, 231: 134–147.
12. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P.A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350–356.
13. Falahati Marvast, A., Hosseinpu, A., and Tabatabaei, S.H. 2013. Effect of salinity and sewage sludge on heavy metal availability and uptake by barley plant. *Journal of Water and Soil*, 27: 985–997. (In Persian with English abstract)

14. Fallahzade, J., and Hajabbasi, M.A. 2010. Evaluation of organic matter storage in aggregate of clayey soils under degraded pasture and cropland in central Zagros. *Journal of Water and Soil Conservation*, 17: 179–194. (In Persian with English abstract)
15. Feeney, D.S., Hallett, P.D., Rodger, S., Bengough, A.G., White, N.A., and Young, I.M. 2006. Impact of fungal and bacterial biocides on microbial induced water repellency in arable soil. *Geoderma*, 135: 72–80.
16. Ghani, A., Dexter, M., and Perrott, K.W. 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 1231–1243.
17. Graber, E.R., Tagger, S., and Wallach, R. 2009. Role of divalent fatty acid salts in soil water repellency. *Soil Science Society American Journal*, 73: 541–549.
18. Hajiboland, R. 2013. Role of Arbuscular Mycorrhiza in Amelioration of Salinity. In: Ahmad, P., Azooz, M.M., and Prasad, M.N.V. (Eds). *Salt Stress in Plants: Signalling, Omics and Adaptations*. Springer, New York. pp: 301–354.
19. Hallett, P.D. 2007. An introduction to soil water repellency. *Proceedings of the 8th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals*, Columbus, Ohio, USA.
20. Hallett, P.D., Gordon, D.C., and Bengough, A.G. 2003. Plant influence on rhizosphere hydraulic properties: direct measurements using a miniaturized infiltrometer. *New Phytologist*, 157: 597–603.
21. Hallett, P.D., and Young, I.M. 1999. Changes to water repellence of soil aggregates caused by substrate-induced microbial activity. *European Journal of Soil Science*, 50: 35–40.
22. Holthusen, D., Haas, C., Peth, S., and Horn, R. 2012. Are standard values the best choice? A critical statement on rheological soil fluid properties viscosity and surface tension. *Soil and Tillage Research*, 125: 61–71.
23. Hosseini, F., Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A., and Sabzalian, M.R. 2015. Aboveground fungal endophyte infection in tall fescue alters rhizosphere chemical, biological, and hydraulic properties in texture-dependent ways. *Plant and Soil*, 388: 351–366.
24. Jafari, S., Chorom, M., Enayatizamir, N., and Motamedi, H. 2013. Effect of *Bacillus subtilis* and *Corynebacterium* on some of soil microbial indexes in different salinity levels. *Journal of Agricultural Engineering*, 35: 55–70. (In Persian)
25. Kaplan, D.I., Bertsch, P.M., and Adriano, D.C. 1997. Mineralogical and physicochemical differences between mobile and non-mobile colloidal phases in reconstructed pedons. *Soil Science Society American Journal*, 61: 641–649.
26. Leelamanie, D.A.L., and Karube, J. 2013. Soil–water contact angle as affected by the aqueous electrolyte concentration. *Soil Science Plant Nutrition*, 59: 501–508.

27. Liang, Y., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W., and Jiang, Y. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization, *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 185–1195.
28. Lichner, L., Dlapa, P., Doerr, S.H., and Mataix-Solera, J. 2006. Evaluation of different clay minerals as additives for soil water repellency alleviation. *Applied Clay Science*, 31: 238–248.
29. Lipiec, J., Wojciga, A., and Horn, R. 2009. Hydraulic properties of soil aggregates as influenced by compaction. *Soil and Tillage Research*, 103: 170–177.
30. Mirzaee, M., and Mahmoudabadi, M. 2015. Effect of different type and management of crop residues on soil physical properties and water infiltration. *Journal of Soil Researches*, 28: 659–671. (In Persian)
31. Nahidan, S., and Nourbakhsh, F. 2010. Effect of Soil organic carbon history on some of soil biological properties. 11th Iranian Soil Congress. (In Persian)
32. Nottidge, D.O., Ojeniyi, S.O. and Asawalam, D.O. 2005. Comparative effects of plant residues and fertilizer on soil properties in a humid ultisol. *Nigerian Journal of Soil Science*, 15: 9–13.
33. Piccolo, A., and Mbagwu, J.S.C. 1999. Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. *Soil Science Society American Journal*, 63: 1801–1810.
34. Raiesi, F., and Aghababae, F. 2011. The decomposability of some plant residues and their subsequent influence on soil microbial respiration and biomass, and enzyme activity. *Journal of Water and Soil*, 25: 863–873. (In Persian with English abstract)
35. Rietz, D.N., and Haynes, R.J. 2003. Effects of irrigation- induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 845–854.
36. Shaver, T.M., Peterson, G.A., and Sherrod, L.A. 2003. Cropping intensification in dryland systems improves soil physical properties: regression relations. *Geoderma*, 116: 149–164.
37. Singh, Y., Singh, B., and Timsi na, J. 2005. Crop residue management for nutrient cycling and improving soil productivity in rice-based cropping systems in the tropics. *Advances in Agronomy*, 85: 289–407.
38. Sparling, G., Vojvodic-Vukovic, M., and Schipper, L.A. 1998. Hot-water soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 30: 1469–1472.
39. Tillman, R.W., Scotter, D.R., Wallis, M.G., and Clothier, B.E. 1989. Water-repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. *Australian Journal of Soil Research*, 27: 637–644.
40. Tisdall, J.M. and Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science*, 33: 141–163.

41. Vogelmann, E.S., Reichert, J.M., Prevedello, J., Consensa, C.O.B., Oliveira, A.E., Awe, G.O., and Mataix-Solera, J. 2013. Threshold water content beyond which hydrophobic soils become hydrophilic: the role of soil texture and organic matter content. *Geoderma*, 209: 177–187.
42. Woche, S.K., Goebel, M.O., Kirkham, M.B., Horton, R., Van der Ploeg, R.R., and Bachmann, J. 2005. Contact angle of soils as affected by depth, texture, and land management. *European Journal of Soil Science*, 56: 239–251.
43. Young, T. 1805. An essay on the cohesion of fluids. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 95: 65–87.
44. Yuan, B.C., Li, Z.Z., Liu, H., Gao, M., and Zhang, Y.Y. 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. *Applied Soil Ecology*, 35: 319–328.
45. Zubair, M., Anwar, F., Ashraf, M., Ashraf A., and Chatha, S.A.S. 2012. Effect of green and farmyard manure on carbohydrates dynamics of salt-affected soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12: 497–510.