Archive of SID

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره ۳۲ - شماره ۰۲- پیاپند ۱۲۳ تابستان ۹۸

بررسی اثر روش های مختلف کشت بر شاخص های رشد سیب زمینی تحت سطوح مختلف آبیاری و کود سولفات پتاسیم

Investigating the effect of different planting patterns on potato growth indices under different levels of irrigation and potassium sulfate fertilizer

فهیمه فریدی مایوان*[۱]، مجید جامی الاحمدی[۲]، سید وحید اسلامی[۳]، کورش شجاعی نوفرست[۴]

۱. دانشجوی دکترای دانشگاه بیرجند. ، (نگارنده مسئول)
۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نبات دانشگاه بیرجند.
۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نبات دانشگاه بیرجند.
۴. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۰۲/۲۳ - تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۳/۱۹ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.121820.1296

چکیده

فریدی مایوان، ف.، جامی الاحمدی، م.، اسلامی، س. و.، شجاعی نوفرست، ک.، بررسی اثر روش های مختلف کشت بر شاخص های رشد سیب زمینی تحت سطوح مختلف آبیاری و کود سولفات پتاسیم
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۰۲- پیاپند ۱۲۳ تابستان ۹۸: ۲۴-۱

به منظور بررسی اثر روش های مختلف کشت، سطوح مختلف آبیاری و مقادیر پتاسیم بر شاخص های رشد سیب زمینی آزمایشی به‌صورت کرت های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه واقع در جلگه رخ، خراسان رضوی در سال های زراعی ۱۳۹۵و ۱۳۹۶ انجام گردید. عوامل آزمایشی شامل روش کاشت در سه سطح: معمول (تراکم ٦/٦ بوته در متر مربع)، معمول متراکم و زیگزاگی (هر دو با تراکم ۷/٤ بوته در متر مربع) در کرت اصلی، میزان آبیاری در سه سطح: شاهد بدون تنش و آبیاری به میزان ۸۰ و ٦۰ درصد آب مورد نیاز در کرت فرعی و کود سولفات پتاسیم در سه سطح: ۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به عنوان کرت فرعی فرعی بود. نتایج نشان داد که کشت زیگزاگی شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و وزن خشک کل بیشتری را نسبت به دو کشت دیگر دارا بود. بیشترین وزن خشک کل در کشت معمول، معمول متراکم و زیگزاگی در سال اول به ترتیب ٦۳٤/۳، ٦۷۱/۹ و ۸۷۰ و در سال دوم به ترتیب ۸۰۸/۵، ۹۱۹/۲ و ۱۰٦۵گرم در متر مربع بود. تیمار ۸۰ و ٦۰ درصد آب مورد نیاز سبب کاهش شاخص های رشد و عملکرد غده گردید. نتایج نشان داد افـزایش مـصرف پتاسـیم سبب بالا رفتن وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و عملکرد غده سیب زمینی شد. مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بیشترین عملکرد غده (۲/۷ و ۳ کیلو گرم در متر مربع به ترتیب در سال اول و دوم) و عدم کاربرد کود کمترین عملکرد غده (۲/٤ کیلو گرم در متر مربع در سال اول و دوم) را تولید نمود

واژه های کلیدی: آب مورد نیاز، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، عملکرد غده

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: fahimeh.faridi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سیب‌زمینی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در جهان است که از نظر میزان مصرف در سطح جهان بعد از برنج و گندم در جایگاه سوم و پس از آن ذرت قرار دارد (Kazemi *et al*., 2016). بر اساس آخرین آمار رسمی منتشره از سازمان خوار و بار جهانی، حدود ۳۷۶ میلیون تن و بیش از ۱۹ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۶ به تولید و کشت این گیاه در جهان اختصاص یافته است (FAO, 2017). بنابراین با توجه به اهمیت گیاه سیب زمینی، هر اقدامی که سبب افزایش عملکرد این گیاه شود، امری ضروری خواهد بود. در این بین با توجه به این که سیب‌زمینی به کمبود رطوبت خاک بسیار حساس است، تنش‌های غیرزنده ای همانند خشکی می‌توانند اثرات نامطلوبی بر رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی داشته باشد. ایران هم به عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه، از متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۴۰ میلی متر معادل یک سوم میانگین نزولات سالیانه جهانی، برخوردار می باشد (Kafi *et al*., 2009). در ایران بیش از ۹۰ درصد از سطح کشور تحت تنش خشکی قراردارد. با توجه به این موضوع، اهمیت دادن به این تنش در ایران بسیار مهم به نظر می رسد (Kafi *et al*., 2009). تجزیه کمّی رشد و بررسی شاخص های رشد می تواند در تجزیه و تحلیل عملکرد و عوامل مؤثر بر آن مفید واقع گردد (Sobhani & Hamidi, 2014) و این موضوع به خصوص در مطالعه اثر عوامل محیطی بر عملکرد محصولات مختلف، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از شاخص سطح برگ می‌توان برای ارزیابی وضعیت گیاه یا شدت خشکی استفاده کرد و تغییرات این شاخص به گونه، مرحله رشد، شرایط غالب محیطی، اقدامات مدیریتی و فصلی بستگی دارد (Deshi *et al*., 2015). اهمیت شاخص سطح برگ در تعیین جذب و تشعشع توسط گیاه است، به طوری که رشد گیاه و عملکرد نهایی ماده خشک را تحت تأثیر قرار می دهد (Koochaki & Bannayan, 1990). در محصول سیب زمینی، به دلیل اینکه منبع اصلی کربوهیدرات های غده، فتوسنتز برگ است، بنابراین تجمع کربوهیدرات ها در غده خود تابعی از سطح برگ گیاه بوده (Arshadi *et al*., 2014) و اولین تغییر مورفولوژیکی در این گیاه در شرایط تنش رطوبتی کاهش سطح برگ و نیز کاهش سطح ویژه برگ است (Deblond *et al*., 1999). این کاهش اندازه سایه‌انداز گیاهی، از طرفی با کوچک کردن سطح تعرق کننده، توانایی گیاه را جهت حفظ بقاء در شرایط تنش آب افزایش می‌دهد، اما از طرف دیگر خود سبب کاهش جذب تشعشع و درنتیجه کاهش سرعت رشد محصول نیز می شود (Deblond *et al*., 1999; Coleman, 2008). علاوه بر این، در ارقام مختلف سیب زمینی دیده شده است که با کاهش پتانسیل آب برگ، احتمالا به دلیل افزایش سرعت تنفس همراه با افزایش دمای گیاه و کاهش شدت فتوسنتز، از میزان سرعت رشد محصول کاسته می شود (Demagante *et al*., 1995; Zerust, 1995). مجموع این عوامل در نهایت منجر به کاهش تجمع ماده خشک، حجیم شدن غده ها و در نهایت عملکرد می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

پتاسیم به‌عنوان کوفاکتور آنزیم ها، فعالیت های اسمزی و تنظیم الکترولیت های گیاهی به کار می رود و عنصری ضروری برای کنترل اسمزی است (Taiz & Zeiger, 1991) که می تواند پتانسیل اسمزی را کاهش دهد و سازگاری گیاه را با شرایط خشک بهبود بخشد. بررسی های اثر سولفات پتاسیم بر روی گیاهان در شرایط خشک نشان می دهد که یون های پتاسیم در تنظیم پتانسیل واکوئل ها حتی در خشکی مؤثر است، بنابراین کود دهی پتاسیم کافی، تنظیم اسمزی را آسان می کند و فشار تورژسانس در برگ هایی که پتانسیل آب کم است را نگه می دارد و می تواند تحمل گیاه را بهبود بخشد (Hoseini & Amini, 2014). علاوه بر این، پتاسیم یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی در نظر گرفته‌شده است (Abdeldgadir, 2003). بسیاری از محققان افزایش میزان عملکرد غده‌های سیب‌زمینی را درنتیجه افزایش سطوح کود پتاسیم گزارش کرده اند (Hoseini & Amini, 2014; Sobhani & Hamidi, 2014) که این افزایش عملکرد غده‌های سیب‌زمینی می‌تواند به علت تشکیل غده‌های بزرگ، افزایش تعداد غده در هر گیاه یا هر دو باشد. بنابراین پتاسیم نقش کلیدی در افزایش عملکرد محصول و بهبود کیفیت آن بازی می‌کند (Jalali, 2014). با مصرف پتاسیم شاخص سطح برگ و تولید ماده خشک در سیب‌زمینی افزایش می‌یابد به طوری که در مراحل اولیه رشد، پتاسیم بر LAI تأثیر کمتری داشته ولی در اواخر فصل رشد سبب افزایش LAI و تأخیر درروند پیری برگ‌ها می شود (Saikia *et al*., 1987; Sobhani & Hamidi, 2013). برخی از محققان اظهار داشتند که پتاسیم می‌تواند سبب افزایش سطح برگ و ماده خشک غده شود هرچند که گزارش‌هایی مبنی بر عدم تأثیر پتاسیم بر LAI و عملکرد ماده خشک نیز مشاهده‌شده است (Karle *et al*., 1993; Burton, 1989). همچنین گزارش ها نشان دهنده اثر مثبت پتاسیم در عملکرد سیب‌زمینی است که احتمالاً به دلیل افزایش مقاومت به خشکی است. کاربرد کودهای پتاسیم نه تنها موجب استحکام ساقه سیب زمینی و افزایش عملکرد می گردد، بلکه سبب سازگاری گیاه به تنش های محیطی و افزایش مقاومت آن به آفات و بیماری های قارچی نیز می شود (Hosein & Amini, 2014). در مطالعه ای در شرایط خشک عربستان کاربرد کود پتاسیم برای تولید اقتصادی با کیفیت بالا در گیاه سیب زمینی توصیه شده است (Abdeldgadir, 2003).

از طرفی الگوی کشت مناسب بوته ها می تواند سبب دسترسی بهتر آن ها به نور، آب و مواد غذایی شود (Ashraf *et al*., 2008). بیشترین تجمع ماده خشک کل در کشت زیگزاگی در گیاه ذرت گزارش شده است (Zarea *et al*., 2005). در مطالعه اثر دو روش آبیاری و چهار آرایش کاشت مختلف بر روی عملکرد در زراعت سیب زمینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان در همدان که به مدت سه سال (۹۳-۱۳۹۱) انجام گردید بالاترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری قطره ای نواری در آرایش کاشت مرسوم یا شاهد بود (Jafari *et al*., 2017).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil at the experimental site

سال زراعی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	مواد خنثی شونده	ماده آلی	شن	سیلت	رس	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
Cropping year	pH	EC	T.N.V	O.C	Sand	Silt	Clay	N	P	K
		dS/m	---------- (%)----------					-----	(mg/kg^{-1}) -----	
2016	7.8	1.48	16.8	0.38	56	30	14	0.033	16.4	297
2017	7.7	1.8	16.8	0.4	50	35	15	0.04	17.1	300

در پژوهش ارزیابی سطوح مختلف آبیاری قطره ای و الگو های مختلف کشت مشخص شد که عملکرد سیب زمینی به شدت تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت و کمترین عملکرد در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل بود اما الگو های کاشت نتوانست تأثیر معنی داری بر عملکرد و اجزاء آن بگذارد (Fakhari *et al.*, 2013). باغانی (Baghani, 2009) گزارش داد که تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب زمینی درشرایط اقلیمی مشهد به همراه کاشت دو ردیف بر روی یک پشته و با یک نوار تیپ مابین آن ها بیشترین عملکرد را نسبت به تأمین ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه دارد.

با توجه به اهمیت اقتصادی محصول سیب زمینی و آسیب پذیری آن از تنش های کمبود آب و تحقیقات بسیار اندک در ارتباط با روش کشت در این محصول این تحقیق با هدف بررسی اثرات روش های مختلف کشت و استفاده از کود پتاسه در تخفیف اثرات کمبود آب بر رشد و عملکرد سیب زمینی تحت سطوح مختلف آبیاری در استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش

این آزمایش در بهار و تابستان سال های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه ایی واقع در جلگه رخ در ۷۵ کیلومتری شمال شرق تربت‌حیدریه در خراسان رضوی انجام شد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۰۰ متر و میانگین بارندگی سالیانه ۲۲۵ میلی متر است، که در ۵۹ درجه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. تحقیق به‌صورت کرت های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. عملیات آماده سازی زمین بر اساس روش معمول منطقه انجام گرفت، قبل از اجرای آزمایش از خاک محل آزمایش نمونه برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).

عوامل آزمایشی شامل روش کاشت در سه سطح: کاشت معمول، معمول متراکم و زیگزاگ در کرت اصلی، میزان آبیاری در سه سطح: شاهد بدون تنش، آبیاری به میزان ۸۰ و ۶۰ درصد آب مورد نیاز در کرت فرعی و کود سولفات پتاسیم (K_2SO_4) در سه سطح: عدم مصرف سولفات پتاسیم (شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان کرت فرعی فرعی بود (این مقادیر با توجه به نتایج آزمون خاک

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۱) و میزان پتاسیم خالص موجود در کود مصرفی به ترتیب ۰، ۵۷ و ۹۴/۵ کیلوگرم در هکتار بود). کاشت در روش کشت معمول در دو طرف پشته های به عرض ۱۵۰ سانتی متر و فاصله بوته ۲۰ سانتی متر و در عمق ۱۵ سانتی متر (تراکم ۶/۶ بوته در متر مربع)، در روش کشت معمول متراکم در دو طرف پشته های به عرض ۱۵۰ سانتی متر و فاصله بوته ۱۸ سانتی‌متر و در عمق ۱۵ سانتی متر (تراکم ۷/۴ بوته در متر مربع) و در روش کشت زیگزاگ، در دو طرف پشته هایی به عرض ۱۸۰ سانتی متر و فاصله بوته ۳۰ سانتی متر و در عمق ۱۵ سانتی متر (تراکم ۷/۴ بوته در متر مربع) انجام گرفت. به منظور جلوگیری از نشت عرضی آب، بین کرت های فرعی، یک پشته نکاشت منظور گردید. رقم مورداستفاده آگریا بود که در چهار تیر در سال ۱۳۹۵ و در ۲۸ خرداد ۱۳۹۶ در منطقه جلگه رخ کشت شد. کود سولفات پتاسیم همزمان با کشت و به صورت نواری اعمال گردید و سپس کلیه کرت ها به شکل یکنواخت و به‌طور کامل (بدون اعمال تیمار های تنش) آبیاری شدند و پس از سبز شدن مزرعه (۵۰ درصد سبز شدن بوته ها) سطوح مختلف آبیاری اعمال گردید. نیاز آبی گیاه بر اساس میزان آب مورد نیاز سیب زمینی با استفاده از نرم افزار (OPTIWAT) و به روش فائو-پنمن- مانتیث در شرایط جلگه رخ، تعیین شد (Alizadeh & Kamali, 2007). جهت تعیین زمان شروع آبیاری، در زمان های مشخص از خاک تیمار شاهد (عدم تنش) در عمق توسعه ریشه، نمونه برداری و میزان تخلیه آب خاک از ظرفیت زراعی به روش تخلیه وزنی رطوبتی و با استفاده از منحنی رطوبتی، اندازه گیری، و آبیاری پس از ۴۰- ۳۵ درصد تخلیه انجام گرفت. مقدار آب مورد نیاز جهت آبیاری نیز با استفاده از رابطه (۱) (Alizadeh, 2006) محاسبه شد:

رابطه ۱

$$V = A.B.M\ (F - W)(D)$$

که در آن V حجم آب مصرفی بر حسب سانتی‌متر مکعب، A مساحت کرت آزمایشی بر حسب سانتی‌متر مربع، B جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، M درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده از خاک (۴۰-۳۵ درصد)، F درصد وزنی رطوبت در ظرفیت مزرعه، W درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی و D عمق توسعه ریشه می‌باشد. آبیاری به روش قطره ای با استفاده از نوارهای آبیاری و میزان کل آب وارد شده به کرت های آزمایش نیز با استفاده از کنتور حجمی اندازه گیری گردید. اندازه گیری سطح برگ و وزن خشک برگ در طول دوره رویش هر دو هفته یک بار با رعایت حاشیه گذاری انجام گرفت. برای اندازه گیری سطح برگ از متوسط سطح برگ دو عدد بوته سیب زمینی با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل (LI-COR, model, LI-3100C Area Meter, Lincoln, USA) انجام شد. به منظور محاسبه شاخص های رشد، سطح برگ[1] (LAI)، سرعت رشد محصول[2] (CGR)، سرعت جذب خالص[3] (NAR)، سرعت

1- Leaf Area Index
2- Crop Growth Rate
3- Net Assimilation Rate

www.SID.ir

Archive of SID

رشد نسبی[۴] (RGR) و شاخص سطح ویژه برگ[۵] (SLA) از معادلات زیر استفاده شد (Gardner *et al., 1988*):

1) $CGR = (w_2-w_1)/ GA (t_2-t_1)$

2) $LAI= (LA)/(GA)$

3) $SLA= LA/LW$

4) $RGR= Ln\ w_2- Ln\ w_1/t_2-t_1$

5) $NAR=CGR/LAI$

در این معادلات علائم LA مساحت برگ های گیاه (برحسب متر مربع)؛ GA مساحت زمین اشغال شده توسط گیاه در هر مرتبه نمونه گیری (برحسب متر مربع)؛ W_1 ، W_2 به ترتیب وزن خشک گیاه در نمونه گیری اول و دوم (برحسب گرم)؛ t_1 ، t_2 زمان نمونه گیری اول و دوم (برحسب روز) وLW وزن خشک برگ (بر حسب گرم) هستند. پس از برداشت محصول، عملکرد غده سیب زمینی اندازه گیری شد.

داده های حاصل از آزمایش در نهایت با استفاده از برنامه SAS 9.2 تجزیه شده و برای مقایسه میانگین ها از روش FLSD استفاده شد. رسم کلیه نمودار ها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

تغییرات شاخص سطح برگ در تیمار های مختلف، مشابه بوده و حدود ۵۰ روز پس از کاشت به حداکثر میزان خود رسید و پس از آن در اثر سایه اندازی و پیری برگ ها شروع به زردشدن کرد و سطح برگ در پایان فصل کاهش یافت (شکل ۱). در تیمار های روش کشت، حداقل شاخص سطح برگ سیب‌زمینی در کشت معمول و معمول متراکم و حداکثر آن در تیمار کشت زیگزاگی در هر دو سال حاصل شد (شکل ۱ a). در تیمارهای آبیاری، کمترین شاخص سطح برگ در تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد آب مورد نیاز به دست آمد (شکل ۱ b). با کاربرد کود سولفات پتاسیم میزان شاخص سطح برگ نسبت به شرایط عدم کاربرد کود افزایش یافت (شکل ۱ c). در سال دوم در مرحله چهارم اندازه گیری (آغازش غده) برهمکنش روش کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم معنی دار بود (جدول ۳). برهمکنش روش کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم در سال دوم نشان داد (جدول ۴) که بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۳) در تیمار کشت زیگزاگی به همراه آبیاری کامل و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار بود به طوری که شاخص سطح برگ ۲/۲ برابر نسبت به تیمار کشت معمول در ۶۰ درصد آب مورد نیاز و عدم مصرف کود (۱/۰۳) افزایش داشت. به نظر می رسد که در کشت زیگزاگی در مقایسه با کشت معمول، تراکم بیشتر می تواند منجر به افزایش شاخص سطح برگ شود، اما بهره مندی بوته ها از فضای بیشتر و به طورکلی نحوه توزیع یکنواخت تر آن ها در واحد سطح، مهم ترین دلیل این برتری بوده است. همچنین محققان گزارش دادند که آبیاری مطلوب سیب‌زمینی با تولید شاخص سطح برگ بیشتر سبب افزایش هدایت روزنه ای شده که

4- Relative Growth Rate
5- Specific Leaf Area

www.SID.ir

Archive of SID

این امر موجب فتوسنتز بیشتر و افزایش عملکرد می شود Bustan *et al., 2004*). سمایی (Samaee *et al.*, 2016) در مطالعه خود کاهش حداکثر سطح برگ را در تیمار تنش رطوبتی در گیاه سیب زمینی گزارش داد. از طرفی پتاسیم می تواند بر افزایش رشد ریشه و افزایش تقسیم سلولی تأثیر گذاشته و درنهایت سبب افزایش اندام های هوایی گیاه گردد. در سال دوم در تمامی روش های مختلف کاشت در شرایط ۶۰ درصد آب مورد نیاز، کاربرد کود سولفات پتاسیم سبب افزایش سطح برگ و تخفیف اثرات کمبود آب گردید به این صورت که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم شاخص سطح برگ را در هر سه روش کشت نسبت به عدم کاربرد کود افزایش داد. در تیمار شاهد و ۸۰ درصد آب مورد نیاز، کاربرد کود پتاسیم سبب افزایش بیشتر شاخص سطح برگ در کشت زیگزاگی

جدول۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی تحت تأثیرروش کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم در مرحله چهارم اندازه‌گیری در سال ۱۳۹۵

Table 2. ANOVA (mean squares) results for growth characteristics and yield of potato as affected by planting pattern, irrigation levels and potassium sulphate fertilizer in 2016

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ LAI	سرعت رشد محصول CGR	سرعت رشد نسبی RGR	سرعت اسمیلاسیون خالص NAR	سطح ویژه برگ SLA	وزن خشک کل TDW	عملکرد غده Tuber yield
تکرار Replication	2	0.02	7.75^{ns}	0.000^{ns}	1.6	0.000^{ns}	6451.2^{ns}	0.94^{ns}
روش کشت Planting patterns (P)	2	2.01^{**}	366.61^{**}	0.0004^{ns}	19.48^{**}	0.000^{ns}	187161.8^{**}	212.8^{**}
خطا (الف) Error (a)	4	0.1	13.77	0.000	1.36	0.000	4431.78	1.5
میزان آبیاری Irrigation (I)	2	7.84^{**}	904.96^{**}	0.0009^{**}	21.63^{**}	0.000^{**}	403126.67^{**}	1023.5^{**}
اثر متقابل روش کشت و آبیاری P×I	4	0.1^{ns}	547.77^{**}	0.002^{**}	92.12^{**}	0.000^{ns}	50644.3^{**}	4.7^{ns}
خطا (ب) Error (b)	12	0.08	26.92	0.0001	5.06	0.000	4458.2	1.06
سولفات پتاسیم Potassium sulfate (K)	2	1.59^{**}	245.75^{**}	0.0003^{*}	11.1^{ns}	0.000^{ns}	111916.1^{**}	44.4^{**}
اثر متقابل روش کشت و پتاسیم P×K	4	0.12^{ns}	63.81^{**}	0.0001^{ns}	7.95^{ns}	0.000^{ns}	24172.8^{**}	18.2^{**}
اثر متقابل آبیاری و پتاسیم I×K	4	0.21^{ns}	45.66^{*}	0.0001^{ns}	7.69^{ns}	0.000^{*}	6696.45^{*}	20.5^{**}
اثر متقابل روش کشت، آبیاری و پتاسیم P×I×K	8	0.16^{ns}	66.54^{**}	0.0001	8.97^{*}	0.000^{ns}	$13409/8^{**}$	8.3^{*}
خطا (ج) Error (c)	36	0.08	13.69	0.000	3.51	0.000	2155.6	3.05
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		13.3	26	25.8	29.2	15.3	9.8	6.9

**، * به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns بدون اختلاف معنی‌دار

**, * and, ns represent the significant effect (P<0.01, 0.05, and non significant respectively).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی تحت تأثیرروش کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم در مرحله چهارم اندازه‌گیری در سال ۱۳۹۶

Table 3. ANOVA (mean squares) results for growth characteristics and yield of potato as affected by planting pattern, irrigation levels and potassium sulphate fertilizer in 2017

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ LAI	سرعت رشد محصول CGR	سرعت رشد نسبی RGR	سرعت اسمیلاسیون خالص NAR	سطح ویژه برگ SLA	وزن خشک کل TDW	عملکرد غده Tuber yield
تکرار Replication	2	0.01^{ns}	3.11^{ns}	0.000^{ns}	0.09^{ns}	0.000^{ns}	3346.5^{ns}	14.14^{ns}
روش کشت Planting patterns (P)	2	1.17^{**}	365.75^{**}	0.0001^{ns}	22.78^{**}	0.000^{ns}	219065.9^{**}	383.9^{**}
خطا (الف) Error (a)	4	0.09	10.27	0.000	2.87	0.000	3617.6	17.5
میزان آبیاری Irrigation (I)	2	6.99^{**}	1612.15^{**}	0.002^{**}	73.93^{**}	0.000^{**}	676302.7^{**}	1622.5^{**}
اثر متقابل روش کشت و آبیاری P×I	4	0.04^{ns}	21.19^{ns}	0.0001^{ns}	3.72	0.000	3200.9^{ns}	7.3^{ns}
خطا (ب) Error (b)	12	0.03	19.02	0.000	4.26^{ns}	0.000	2984.1	12.6
سولفات پتاسیم Potassium sulfate (K)	2	2.42^{**}	637.79^{**}	0.0003^{**}	38.06^{**}	0.000^{ns}	410760.8^{**}	242.2^{**}
اثر متقابل روش کشت و پتاسیم P×K	4	0.07^{**}	50.36^{**}	0.0001^{*}	9.1^{*}	0.000^{ns}	22767.9^{**}	31.9^{*}
اثر متقابل آبیاری و پتاسیم I×K	4	0.1^{**}	19.04^{ns}	0.000^{ns}	2.54^{ns}	0.000^{ns}	9590.1^{**}	15.8^{ns}
اثر متقابل روش کشت، آبیاری و پتاسیم P×I×K	8	0.07^{**}	12.87^{ns}	0.000^{ns}	4.79^{ns}	0.000^{ns}	2065.8^{ns}	8.6^{ns}
خطا (ج) Error (c)	36	0.01	9.35	0.000	2.58	0.000	2456.7	9.9
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		6.8	17.7	17.6	19	10.3	9.1	11.9

نسبت به دو کشت دیگر شد (جدول ۴). الگوی کاشت و نحوه آرایش گیاه زراعی می تواند در نحوه استفاده از منابع و تسخیر فضا توسط گیاه زراعی تعیین کننده باشد. به طوری که آرایش کاشت مناسب، بهره گیری از نور، جذب رطوبت، کود و سایر عناصر را برای هر بوته فراهم می کند و همچنین به دلیل دارا بودن فضای وسیع تر می تواند سبب بیشتر شدن حجم ریشه ها گردد (Hemmati *et al*., 2012). در این مطالعه نیز به نظر می رسد آرایش کاشت مناسب و ایجاد فضای بهتر در کشت زیگزاگی سبب استفاده بهتر از منابع محیطی شده است. افزایش سطح برگ گیاه، با افزایش مصرف پتاسیم در مطالعه سبحانی و حمیدی نیز گزارش‌شده است (Sobhani & Hamidi, 2013). به طور کلی تحقیقات علمی نشان داده اند که کودهای دامی و شیمیایی در خاک، سبب افزایش میزان عناصر غذایی در خاک گردیده که این امر در رشد اندام های هوایی و سطح برگ گیاه موثر است (Arshadi *et al*., 2014).

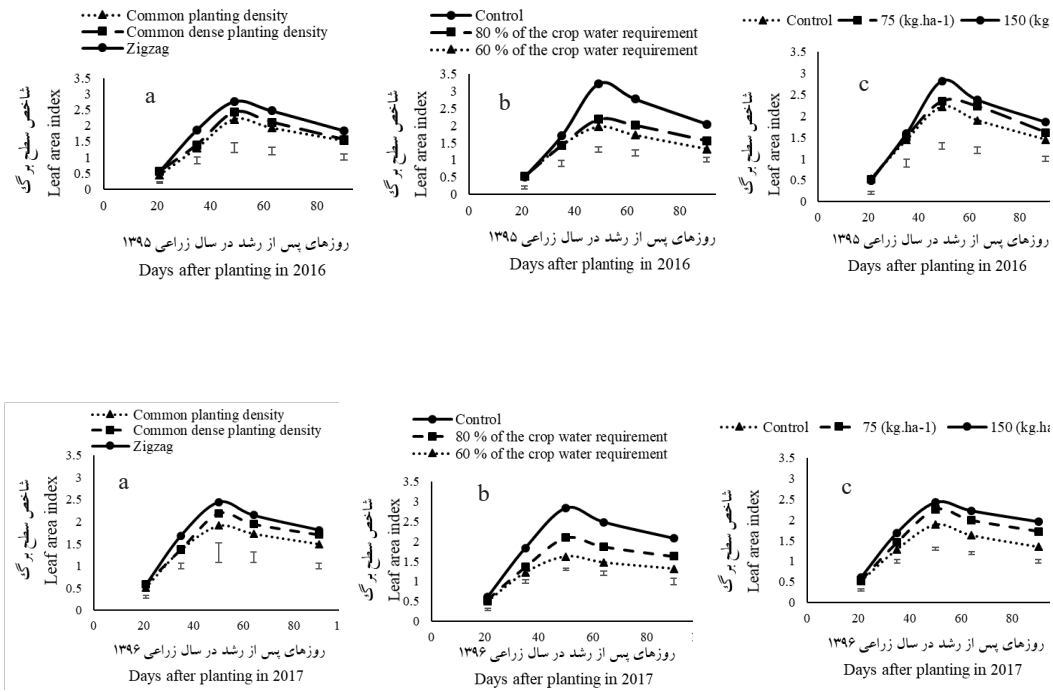
www.SID.ir

Archive of SID

در سال اول اثرات متقابل هیچ کدام از تیمارها بر شاخص سطح برگ معنی داری نبودند (جدول ۲).

سرعت رشد محصول

کشت زیگزاگی نسبت به دو کشت دیگر بیشترین سرعت رشد محصول را در همه زمان های اندازه گیری در هر دو سال زراعی دارا بود (شکل۲ a) همچنین در تیمار های آبیاری بیشترین سرعت رشد محصول از تیمار شاهد و کمترین آن از تیمار ۶۰ درصد آب مورد نیاز به دست آمد (شکل۲ b). به نظر می رسد با افزایش بیشتر سطح برگ در شرایط آبیاری کامل، نور بیشتری توسط گیاه دریافت شده که به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد گیاه نیز افزایش یافته است. سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر سرعت رشد محصول تأثیر داشتند، به طوری که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در هر دو سال باعث افزایش سرعت رشد محصول نسبت به عدم کاربرد کود گردید (شکل ۲ c). در سال اول (در مرحله آغازش غده)، تمامی برهمکنش های دوگانه و سه‌گانه و در سال دوم برهمکنش روش کشت در کود سولفات پتاسیم معنی دار بود (جداول ۲ و ۳). مقایسه میانگین های برهمکنش سه عامل روش کشت در آبیاری در کود سولفات پتاسیم در سال اول (جدول ۴) نشان داد که کشت



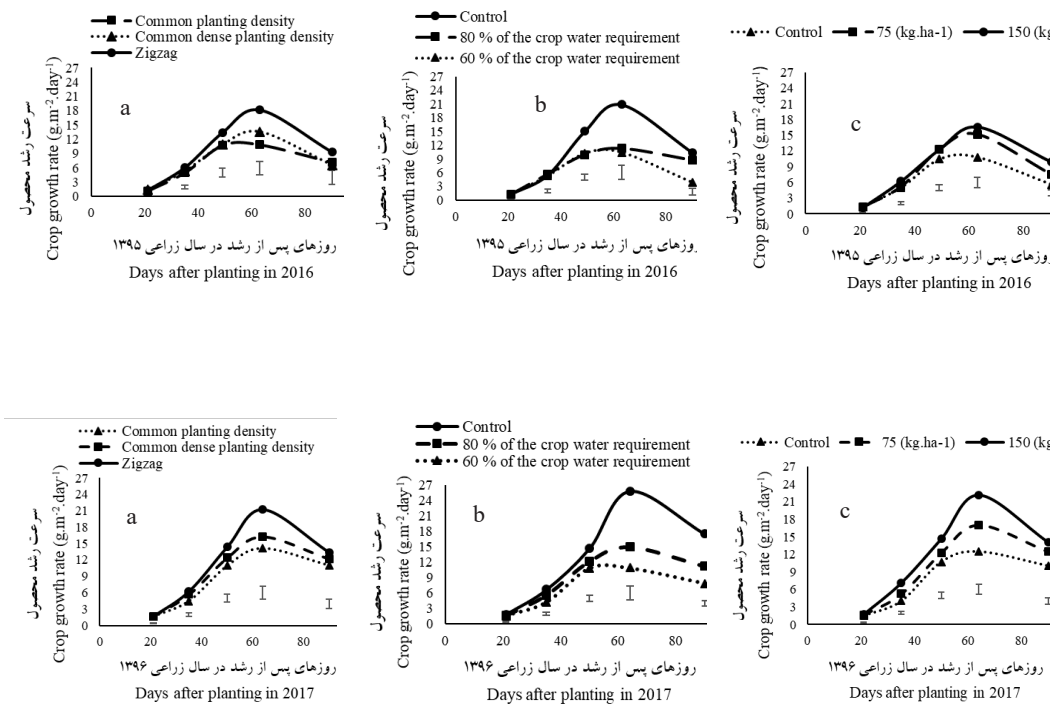
شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ سیب‌زمینی در طول فصل رشد در سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تیمارهای روش کشت (a)، آبیاری (b) و سطوح پتاسیم (c). خطوط عمودی نشان دهنده حداقل اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در هر زمان اندازه‌گیری.

Fig 1. Variations in leaf area index of potato over 2016 and 2017 cropping seasons under different planting pattern treatments (a), irrigation (b) and potassium sulfate fertilizer levels (c). Vertical bars represent the least significant difference (LSD) values at each sampling.

www.SID.ir

Archive of SID

زیگزاگی به همراه آبیاری کامل و کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار سرعت رشد محصول رابه ترتیب۹/۳ و ۸/۳ برابر نسبت به کشت معمول در شرایط ۶۰ درصد آب مورد نیاز و عدم کاربرد کود افزایش داد. در سال دوم نیز مقایسه میانگین برهمکنش روش کشت در کود سولفات پتاسیم نشان داد که کشت زیگزاگی به همراه کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار سبب افزایش سرعت رشد محصول حدود ۱/۸ برابر نسبت به کشت معمول و عدم کاربرد کود شد (شکل ۴). همچنین کشت زیگزاگی در شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم نسبت به عدم مصرف کود در تیمار شاهد سبب بیشتر شدن سرعت رشد محصول گردید. به نظر می رسد به دلیل آرایش کاشت مناسب (نزدیک شدن به آرایش مربع) در کشت زیگزاگی گیاه نسبت به دو کشت دیگر از شرایط محیطی استفاده بهتری کرده است. همچنین نتایج این تحقیق با یافته های محققان دیگری (Sobhani & Hamidi, 2013؛ Khalghani *et al*., 1997) که بیان کردند که تنش کم آبی سبب کاهش سرعت رشد محصول سیب زمینی می گردد، مشابه بود. نتایج بررسی های سایر پژوهشگران نیز مؤید کاهش سرعت رشد محصول در اثر تنش خشکی می باشد (Goldani & Rezvani Moghddam, 2007; Hamidvand *et al*., 2013). کاربرد کود سولفات پتاسیم احتمالا با تاثیر بر



شکل ۲- تغییرات سرعت رشد محصول سیب زمینی در طول فصل رشد در سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تیمارهای روش کشت (a)، آبیاری(b) و سطوح پتاسیم (c). خطوط عمودی نشان دهنده حداقل اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در هر زمان اندازه‌گیری.

Fig 2. Variations in crop growth rate of potato over 2016 and 2017 cropping seasons under different planting pattern treatments (a), irrigation (b) and potassium sulfate fertilizer levels (c). Vertical bars represent the least significant difference (LSD) values at each sampling.

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش رشد ریشه و افزایش تقسیم سلولی، باعث افزایش سطح برگ شده و از آنجا که بین سطح فتوسنتزکننده و سرعت رشد محصول رابطه مستقیمی وجود دارد، به نظر می رسد که یکی از عوامل لازم برای دستیابی به عملکرد بالا در محصول سیب زمینی، تامین شرایط مطلوب جهت فراهمی کود سولفات پتاسیم باشد تا بدین طریق تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی خود انجام پذیرد. نتیجه پژوهش سبحانی و حمیدی (Sobhani & Hamidi, 2013) نشان داد که افزایش پتاسیم باعث بالا رفتن سرعت رشد محصول سیب زمینی گردید.

سرعت رشد نسبی

تغییرات سرعت رشد نسبی در همه تیمارها در هر دو سال زراعی تقریبا مشابه بود. بطوری که سرعت رشد نسبی در اوایل فصل رشد حداکثر و سپس با افزایش سن گیاه و با گذشت زمان به دلیل افزایش تجمع ماده خشک و بافت های ساختمانی کاهش یافت (شکل ۳). در تیمار روش کشت، در سال اول در مرحله اول و دوم و در سال دوم در مرحله دوم اندازه گیری، کشت زیگزاگی نسبت به دو کشت دیگر بیشترین

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل روش کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم بر شاخص‌های رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی

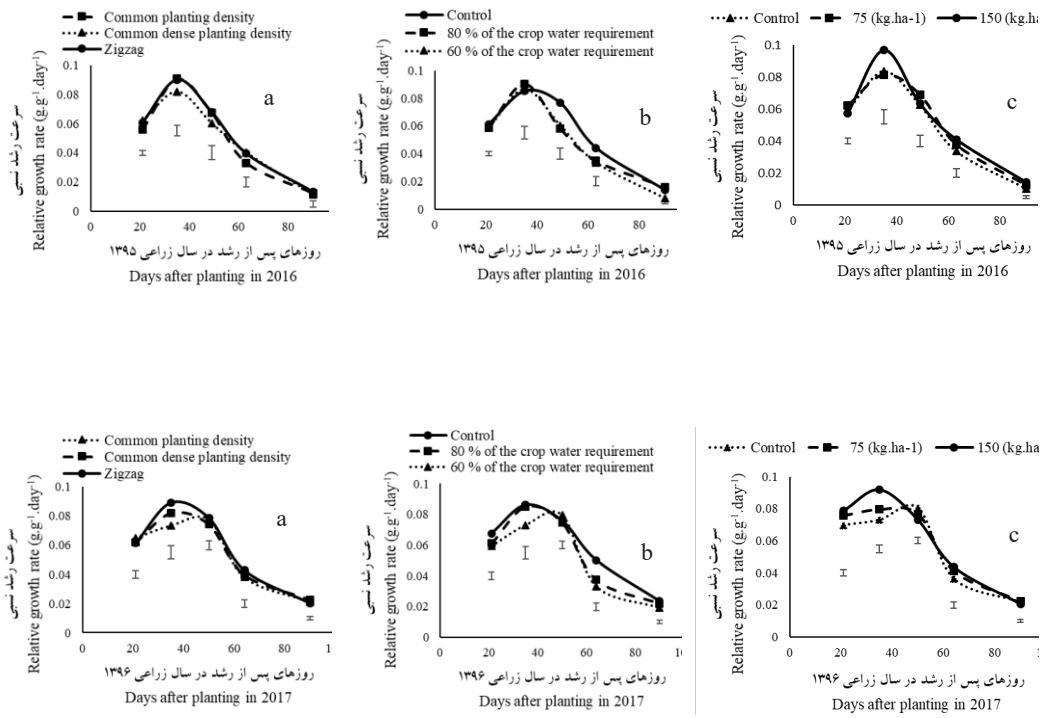
Table 4. Mean comparison of the interaction effects of planting pattern, irrigation levels and potassium sulphate fertilizer on growth characteristics and tuber yield of potatoes

روش کشت Planting pattern	آبیاری (تأمین آب موردنیاز) Irrigation (providing water requirement of crop)	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium sulfate ($kg.ha^{-1}$)	شاخص سطح برگ (۱۳۹۶) LAI	سرعت رشد محصول (۱۳۹۵) CGR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت اسیمیلاسیون خالص (۱۳۹۵) NAR($g.m^{-2}.day^{-1}$)	وزن خشک کل (۱۳۹۵) TDW($kg.m^{-2}$)	عملکرد غده (۱۳۹۵) Yield($kg.m^{-2}$)
			2017	2016	2016	2016	2016
کشت معمول Common planting density	100%	0	2.08	12.61	5.61	0.465	2.9
		75	2.38	14.48	5.32	0.492	3.2
		150	2.51	19.4	6.48	0.597	3.1
	80%	0	1.4	7.38	4.56	0.320	2.3
		75	1.5	11.04	6.74	0.364	2.4
		150	1.82	13.28	7.28	0.399	2.1
	60%	0	1.03	4.25	3.58	0.283	1.6
		75	1.32	6.52	4.08	0.332	1.8
		150	1.45	8.54	5.28	0.337	2.1
کشت معمول متراکم Common dense planting density	100%	0	2.05	12.22	5.00	0.492	3.0
		75	2.65	13.68	5.56	0.494	3.1
		150	2.82	12.15	4.08	0.581	3.1
	80%	0	1.55	9.47	5.95	0.337	2.1
		75	1.9	8.95	4.60	0.391	1.9
		150	2.12	19.26	9.04	0.522	2.1
	60%	0	1.22	13.77	9.10	0.354	1.8
		75	1.53	14.25	8.63	0.419	1.9
		150	1.64	18.71	10.26	0.499	1.8
کشت زیگزاگی Zigzag	100%	0	2.14	19.51	7.78	0.555	3.2
		75	2.37	44.08	15.53	0.968	3.7
		150	3.3	39.55	11.59	0.869	3.6
	80%	0	1.73	10.23	5.52	0.412	2.5
		75	2.24	12.23	3.88	0.503	2.5
		150	2.48	10.18	4.37	0.438	2.8
	60%	0	1.36	7.81	4.13	0.377	2.1
		75	1.9	11.3	5.44	0.477	2.1
		150	1.77	8.29	3.84	0.463	3.0
LSD(0.05)			0.22	6.12	3.1	0.076	0.28

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت رشد نسبی را دارا بود (شکل ۳، a). در تیمارهای آبیاری در هر دو سال با کاهش میزان آب مورد نیاز، سرعت رشد نسبی کاهش یافت (شکل ۳، b). به طور کلی در تیمار ۶۰ درصد آب مورد نیاز (در هر دو سال زراعی) منحنی سرعت رشد نسبی کاهش بیشتری نسبت به تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد آب مورد نیاز داشت. گیاهانی که در شرایط مطلوب تری قرار دارند، سرعت رشد نسبی بیشتری در اواخر فصل رشد دارند و کاهش شیب منحنی، به صورت ملایم تر و روند کاهش به صورت منظم تر می باشد. در پژوهشی نشان داده شد که تنش خشکی باعث کاهش رشد سیب زمینی و شاخص های مربوط به آن می گردد. به این معنی که با کاهش مقدار آب، میزان تجمع مواد فتوسنتزی و سرعت رشد نسبی کاهش می یابد (Sharma *et el*., 1990; Sobhani & Hamidi, 2012). همچنین با بررسی اثر کود سولفات پتاسیم در هر دوسال مشاهده شد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم نسبت به عدم مصرف آن تفاوت هایی را در تغییرات سرعت رشد نسبی نشان داد به طوری که سبب بیشتر شدن این ویژگی گردید (شکل ۳، c). نتایج تجزیه واریانس در روز ۶۵ ام اندازه گیری (آغازش غده) در سال دوم نشان دادکه برهمکنش روش کشت در کود سولفات پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳). به طوری که کشت زیگزاگی به همراه کاربرد کود سولفات پتاسیم

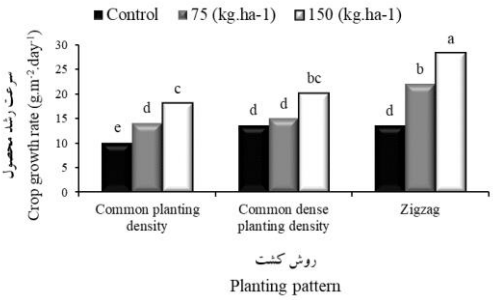


شکل ۳- تغییرات سرعت رشد نسبی سیب‌زمینی در طول فصل رشد در تیمارهای روش کشت (a)، آبیاری (b) و سطوح مختلف پتاسیم (c) درسال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶. خطوط عمودی نشان دهنده حداقل اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در هر زمان اندازه‌گیری.

Fig 3. Variations in relative growth rate of potato crop over 2016 and 2017 cropping seasons under different planting pattern treatments (a), irrigation (b) and potassium sulfate fertilizer levels (c). Vertical bars represent the least significant difference (LSD) values at each sampling.

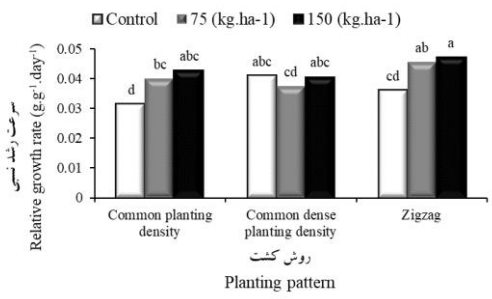
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- اثر متقابل روش کشت و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر سرعت رشد محصول در سال ۱۳۹۶

Fig 4. The interaction effect of planting pattern and potassium sulfate fertilizer on CGR in 2017.



شکل ۵- اثر متقابل روش کشت و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر سرعت رشد نسبی در سال ۱۳۹۶

Fig 5. The interaction effect of planting pattern and potassium sulfate fertilizer on RGR in 2017.

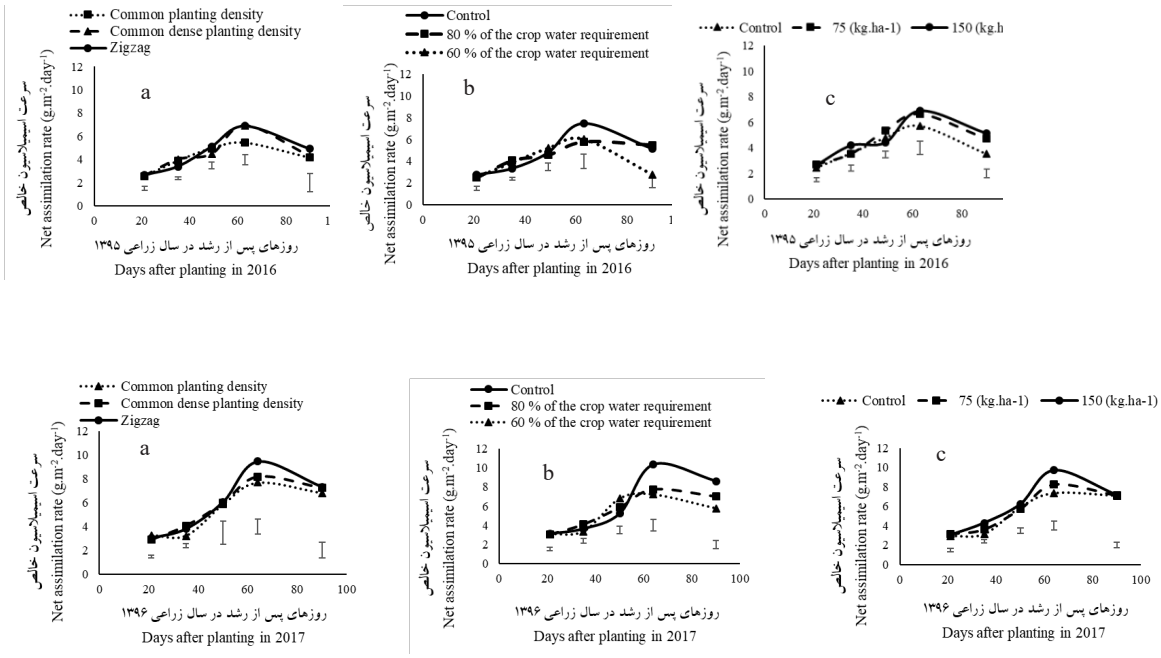
سرعت رشد نسبی را حدود ۵۱/۶ درصد نسبت به کشت معمول و عدم کاربرد کود افزایش داد (شکل ۵). سطوح بالای پتاسیم نسبت به عدم مصرف آن، اختلاف محسوسی را در مورد تغییرات سرعت رشد نسبی نشان می دهند که علت آن می تواند سطح بیشتر برگ باشد. به طور کلی این شاخص نشان دهنده سرعت استقرار بهتر گیاه در ابتدای فصل رشد است. بنابراین به نظر می رسد که فراهمی آب و کود سولفات پتاسیم بیشتر در تیمار شاهد در ابتدای فصل رشد باعث شده است تا سرعت رشد نسبی این تیمار افزایش بیشتری یافته و استقرار مطلوب تری در ابتدای فصل رشد داشته باشد. با مطالعه اثر کود پتاسیم برشاخص های رشدی ارقام سویا در خراسان شمالی نشان داده شد که مصرف کود پتاسیم باعث بهبود روند تغییرات سرعت رشد نسبی در کلیه ارقام سویا شد (Hatami *et al*., 2010).

سرعت اسیمیلاسیون خالص

سرعت اسیمیلاسیون خالص معیاری از کارایی فتوسنتز برگ ها در جامعه گیاهی است. نتایج این آزمایش نشان داد که، بیشترین مقدار سرعت اسیمیلاسیون خالص در مراحل اولیه رشد که شاخص سطح برگ کم و برگ ها به طور کامل در معرض نور قرار دارند، است و به تدریج با افزایش سن گیاه کاهش یافت (شکل ۶). یک روند کاهشی ازحدود ۶۰ روز پس از سبز شدن در سرعت اسیمیلاسیون خالص مشاهده شد. این موضوع می تواند به علت مسن شدن برگ ها و کاهش ظرفیت تولید مواد پرورده، تخریب تدریجی کلروفیل، کاهش غلظت کلروفیل در سطح برگ و همچنین افزایش سرعت تنفس در مقایسه با فتوسنتز به علت نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک باشد (Akbari *et al*., 2017). در این مطالعه سرعت اسیمیلاسیون خالص در هر دوسال زراعی در اوایل فصل رشد در تیمار کشت معمول و معمول متراکم (شکل ۶ a) و همچنین تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد آب مورد نیاز بیشتر بود (شکل ۶ b). به نظر می رسد که در این تیمارها به دلیل داشتن برگ های کوچک تر، گیاه بیشتر در معرض نور مستقیم خورشید قرار داشته و از سرعت اسیمیلاسیون خالص بیشتری برخوردار بودند و این برتری

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- تغییرات سرعت جذب خالص سیب‌زمینی در طول فصل رشد در تیمارهای روش کشت (a)، آبیاری (b) و سطوح مختلف پتاسیم (c) درسال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶. خطوط عمودی نشان دهنده حداقل اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در هر زمان اندازه‌گیری.

Fig 6. Variations in net assimilation rate of potato crop over 2016 and 2017 cropping seasons under different planting pattern treatments (a), irrigation (b) and potassium sulfate fertilizer levels (v). Vertical bars represent the least significant difference (LSD) values at each sampling.

به دلیل پایین بودن شاخص سطح برگ از نظر تولید ماده خشک فاقد اهمیت است. اما به طور کلی سرعت اسیمیلاسیون خالص در کشت زیگزاگی، آبیاری کامل و کاربرد کود سولفات پتاسیم از مرحله حدود ۶۰ روز پس از کاشت بیشترین میزان بود (شکل ۶ a, b, c). برهمکنش روش کشت در آبیاری در کود سولفات پتاسیم در روز ۶۵ ام اندازه گیری (آغازش غده) در سال اول بر این ویژگی اثر گذار بود (جدول ۲). حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص در کشت زیگزاگی به همراه آبیاری کامل و کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار بود که حدود۳/۳ و ۲/۲ برابر نسبت به تیمار کشت معمول در ۶۰ درصد آب مورد نیاز و عدم کاربرد کود افزایش نشان داد (جدول ۴).

از آنجایی که سرعت اسیمیلاسیون خالص رابطه مستقیمی با میزان فتوسنتز دارد، هر عاملی که سبب کاهش راندمان فتوسنتز شود از سرعت اسیمیلاسیون خالص می کاهد. کاهش سرعت اسیمیلاسیون خالص در اثر تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Hejri, 2008; Hossein Pour *et al*., 2003; Hemmati & Soleymani, 2014). در سال دوم نیز برهمکنش روش کشت در کود سولفات پتاسیم نشان داد که روش کشت زیگزاگی به همراه کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار (شکل ۸) سرعت اسیمیلاسیون خالص را ۷۲/۲ درصد نسبت به کشت معمول و عدم مصرف کود افزایش داد. به نظر می رسد که در کشت زیگزاگی به دلیل زودتر حاصل

www.SID.ir

Archive of SID

شدن پوشش سبز مزرعه سبب افزایش جذب تشعشع شده (Ramezani & Rezaei Sokht-Abandani1, 2013) که درنتیجه گیاه قادر به فتوسنتز بیشتر بوده است (Al-Mahmud *et al*., 2014). همچنین در تحقیق حاتمی و همکاران (Hatami *et al*., 2010) مصرف کود پتاسیم باعث بهبود روند تغییرات سرعت جذب خالص در گیاه سویا شد.

سطح ویژه برگ

سطح ویژه برگ نشان دهنده ضخامت برگ می باشد و با آن نسبت عکس دارد. در این مطالعه در تمامی تیمارها با گذشت زمان سطح ویژه برگ کاهش یافت (شکل ۷). در هر دو سال زراعی، بیشترین سطح ویژه برگ در کشت زیگزاگی مشاهده شد (شکل ۷ a). اثر میزان آبیاری در سال اول و دوم در روزهای ۵۰، ۶۵ و ۹۰ ام پس از کاشت معنی دار بود (جدول ۲ و ۳). نتایج نشان داد که تیمار ۶۰ درصد آب مورد نیاز سبب کاهش این ویژگی در هر دوسال زراعی شد (شکل ۷ b). در بین تیمارهای کودی در سال اول در روز های ۵۰ و ۹۰ پس ازکاشت این ویژگی معنی دار شد و بیشترین میزان آن مربوط به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود (شکل ۷ c). در سال دوم هرچند که اثر کود پتاسیم بر روی سطح ویژه برگ معنی دار نگردید ولی در مراحل پایانی رشد بیشترین سطح ویژه برگ از تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به دست آمد (شکل ۷ c). در سال اول در روز ۶۵ ام اندازه گیری برهمکنش میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین های برهمکنش میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم در سال اول نشان داد که آبیاری کامل به همراه کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم سطح ویژه برگ را ۴۷/۶ درصد بیشتر از تیمار ۶۰ درصد آب مورد نیاز و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم افزایش داد (شکل ۹). گیاه با کاهش سطح و تعداد برگ ها، سطح تعرق کننده و به تبع آن فتوسنتز کننده خود را کاهش می دهد (Gardner *et al*., 1988). برگ های ضخیم تر به دلیل تعداد لایه های مزوفیلی بیشتر، غلظت کلروپلاست در واحد سطح بیشتر، عبور نور کمتر و کارایی فتوسنتزی بیشتر در شرایط تنش مناسب تر است (Hossein Pour *et al*., 2003). همچنین گزارش شده است که مصرف پتاسیم، تراکم ریشه، اندازه برگ، شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ را در گیاه سیب زمینی افزایش داده است (Sobhani & Hamidi, 2013).

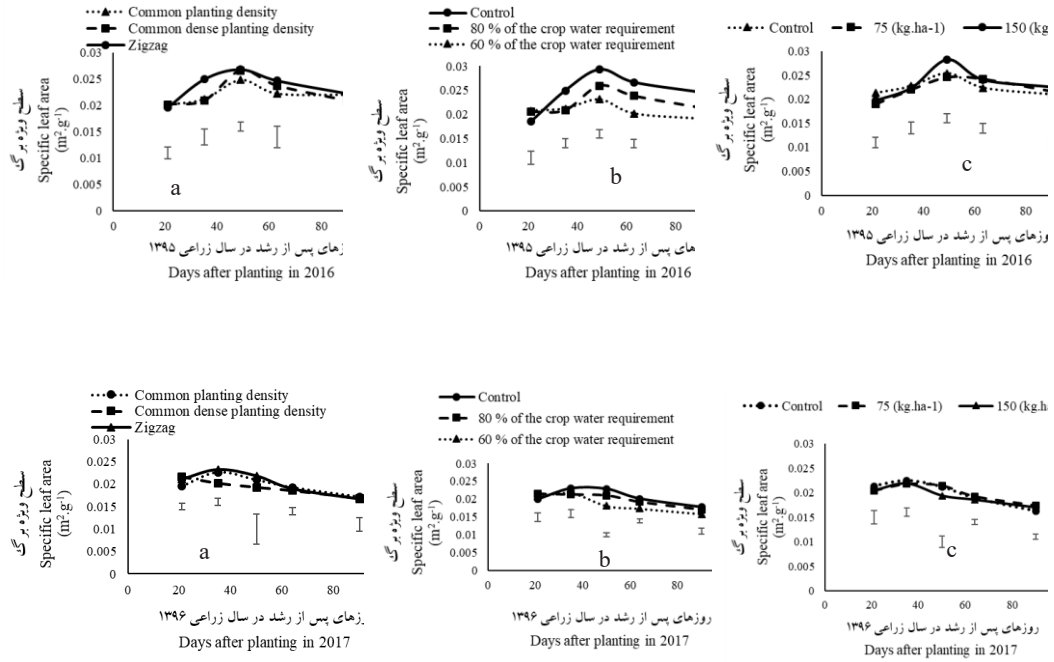
در سال دوم هیچ کدام از اثرات متقابل معنی دار نگردید (جدول ۳).

ماده خشک کل

ماده خشک کل گیاه حاصل تجمع مواد فتوسنتزی می باشد. تغییرات ماده خشک کل در تیمارهای روش کشت، سطوح مختلف آبیاری و سولفات پتاسیم نشان دادهشده است (شکل ۱۰). با توجه به شکل (شکل ۱۰، a) مشخص شد که تیمار کشت زیگزاگی، تجمع ماده خشک بیشتری از دو روش کشت دیگر در هر دو سال زراعی دارا بود و همان طور که قبلا اشاره گردید کشت زیگزاگی، شاخص سطح برگ و همین طور سرعت رشد محصول بیشتری را نسبت به

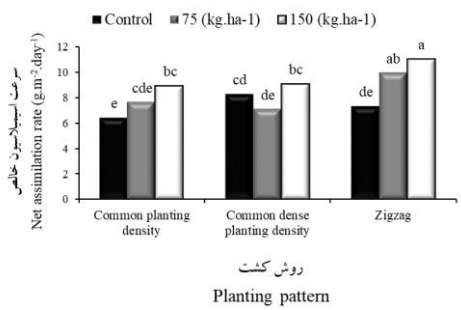
www.SID.ir

Archive of SID



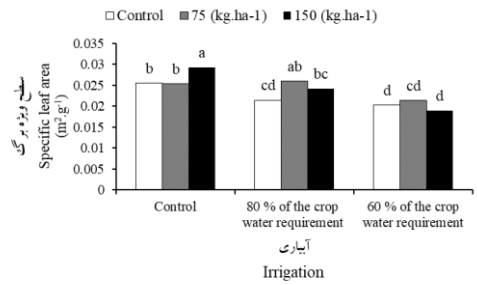
شکل ۷- تغییرات سطح ویژه برگ سیب‌زمینی در طول فصل رشد در تیمارهای روش کشت (a)، آبیاری (b) و سطوح مختلف پتاسیم (c) در سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶. خطوط عمودی نشان دهنده حداقل اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در هر زمان اندازه‌گیری.

Fig 7. Variations in specific leaf area of potato crop over 2016 and 2017 cropping seasons under different planting pattern treatments (a), irrigation (b) and potassium sulfate fertilizer levels (c). Bar lines Bar lines represent the least significant difference (LSD) values at each sampling.



شکل ۸- اثر متقابل روش کشت و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر سرعت اسیمیلاسیون خالص در سال ۱۳۹۶

Fig 8. The interaction effect of planting pattern and potassium sulfate fertilizer on NAR in 2017.



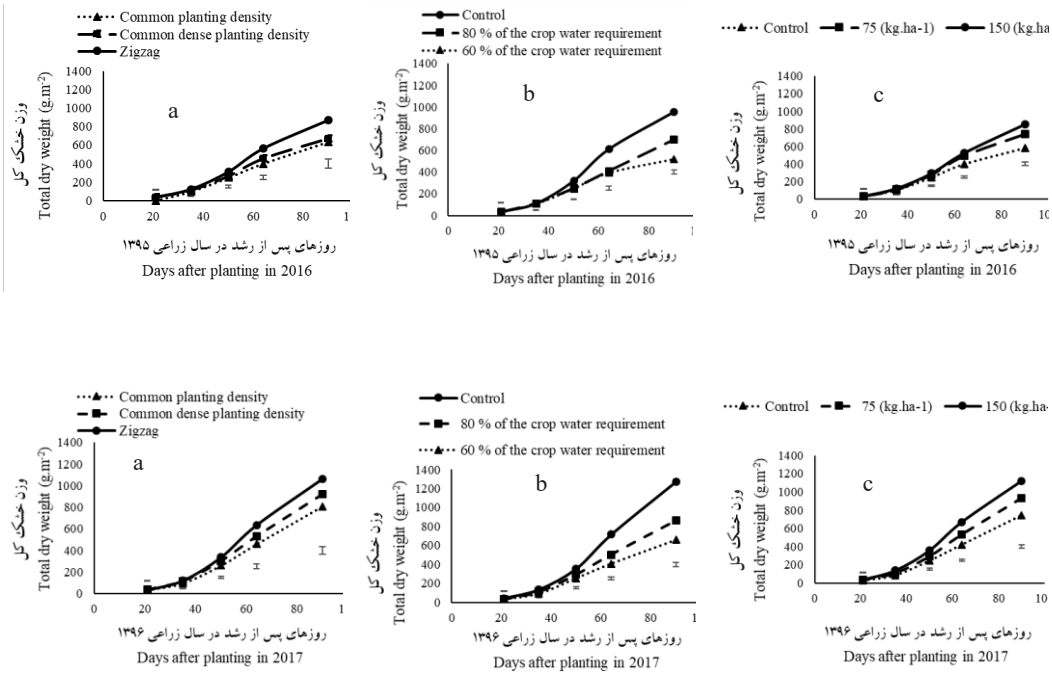
شکل ۹- اثر متقابل میزان آبیاری و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر سطح ویژه برگ در سال ۱۳۹۵

Fig 9. The interaction effect of irrigation and potassium sulfate fertilizer on SLA in 2016.

کشت معمول و معمول متراکم داشت و همین عوامل سبب تجمع وزن خشک بیشتر در این روش کشت گردید. اثرات تیمار آبیاری بر وزن خشک کل مشهود بود (شکل ۱۰، b) به طوری که با رسیدن تیمار شاهد به ۶۰ درصد آب مورد نیاز این ویژگی کاهش داشت. در اثر تنش آبی، به دلیل کاهش سطح فعال برگ و کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به مخزن و تجمع ماده خشک کاهش می یابد (Amiri Deh Ahmadi *et al., 2012*). بطور کلی این

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- تغییرات وزن خشک کل سیب زمینی در طول فصل رشد در تیمارهای روش کشت (a)، آبیاری (b) و سطوح پتاسیم (c) در درسال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶. خطوط عمودی نشان دهنده حداقل اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در هر زمان اندازه-گیری.

Fig 10. Variations in total dry weight of potato crop over 2016 and 2017 cropping seasons under different planting pattern treatments (a), irrigation (b) and potassium sulfate fertilizer levels (c). Vertical bars represent the least significant difference (LSD) values at each sampling.

ویژگی در طول زمان افزایشی بود که دلیل آن افزایش وزن خشک برگ، ساقه و غده در طول زمان است. شکل (۱۰، c) تغییرات ماده خشک غده را در طی فصل رشد در دوسال زراعی در سطوح مختلف سولفات پتاسیم نشان می‌دهد و گویای افزایش وزن خشک کل در تیمار ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار نسبت به عدم مصرف آن است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در سال اول در مرحله آغازش غده (حدود ۶۵ روز پس ازکاشت)، تمامی برهمکنش های دوگانه و سه‌گانه و در سال دوم برهمکنش روش کشت در کود سولفات پتاسیم و میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم بر ماده خشک کل معنی دار بود (جدول ۲ و ۳).

در سال اول، مقایسه میانگین های برهمکنش سه عامل روش کشت در آبیاری در کود سولفات پتاسیم نشان داد که کشت زیگزاگی به همراه آبیاری کامل و کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار وزن خشک کل را به ترتیب ۲/۴۲ و ۲/۰۷ برابرنسبت به کشت معمول در شرایط ۶۰ درصد آب مورد نیاز و عدم مصرف کود افزایش داد (جدول ۴). در سال دوم مقایسه میانگین برهمکنش روش کشت در سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم (شکل ۱۱) مشخص کرد که بیشترین وزن خشک کل در تیمارکشت زیگزاگی و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار بود که نسبت به تیمار کشت معمول و عدم کاربرد کود حدود

www.SID.ir

Archive of SID

۱/۱۲ برابر بود. به نظر می رسد در کشت زیگزاگی توزیع گیاهان یکنواخت تر بوده و در نتیجه رقابت بوته ها برای دریافت نور و سایه اندازی کاهش یافته و افزایش وزن خشک کل را در پی دارد. در این مطالعه مشاهده شد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم وزن خشک کل را در کشت معمول، معمول متراکم و زیگزاگی به ترتیب ۴۴، ۵۰ و ۷۷ درصد نسبت به عدم کاربرد کود افزایش داد (شکل ۱۱). با بررسی برهمکنش میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم در سال دوم بیشترین وزن خشک کل در تیمار آبیاری کامل در اثر کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار مشاهده گردید و نکته قابل توجه این بود که در شرایط ۶۰ درصد آب مورد نیاز کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار سبب افزایش ۶۲/۵ درصد این ویژگی نسبت به عدم کاربرد کود گردید (شکل ۱۲). در آزمایش سبحانی و حمیدی (Sobhani & Hamidi, 2013) مصرف بیشتر پتاسیم منجر به افـزایش مـاده خـشک کل شد.

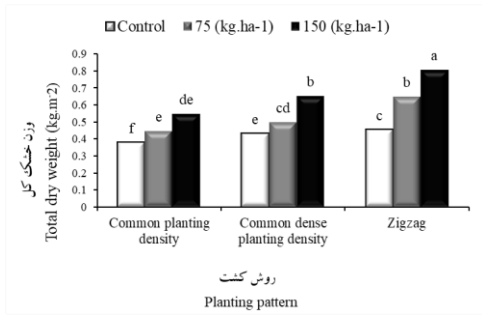
عملکرد غده

نتایج مقایسه میانگین نشان دهنده معنی دار بودن اثرات اصلی روش کشت، میزان آبیاری و کود سولفات پتاسیم و هم‌چنین اثر متقابل روش کشت در کود سولفات پتاسیم، میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم و برهمکنش سه عامل روش کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم بر میزان عملکرد غده در سال اول بود (جدول ۲). مقایسه میانگین های برهمکنش سه عامل روش کشت در میزان آبیاری در کود سولفات پتاسیم در سال اول نشان داد که عملکرد غده در کشت زیگزاگی با ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز به همراه ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم حدود ۱/۳ برابر بیشتر از کشت معمول در شرایط ۶۰ درصد آب مورد نیاز و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم بود (جدول ۴). به‌طورکلی در شرایط ۶۰ درصد آب مورد نیاز به همراه مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم، استفاده از کشت زیگزاگی نسبت به کشت معمول و معمول متراکم به ترتیب ۴۴/۴ و ۶۵ درصد افزایش عملکرد داشت. در برخی مطالعات به بهبود عملکرد دانه ذرت در کشت دو ردیف زیگزاگ نسبت به کشت تک ردیف اشاره شده است (Ramezani Jamshidi؛& Rezaei Sokht-Abandani1, 2013 *et al*., 2015). نتایج تجزیه واریانس سال دوم آزمایش، عملکرد غده تفاوت معنی داری را در کلیه اثرات اصلی و اثر متقابل روش کاشت در کود سولفات پتاسیم نشان داد (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین اثر اصلی میزان آبیاری مشاهده شد که تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد آب مورد نیاز سبب کاهش عملکرد غده به ترتیب ۳۲/۳ و ۴۲ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۱۳). به طور کلی تمام مراحل نمو سیب زمینی به تنش کمبود آب حساس می باشند (Thornton, ؛Shojaei Noferest, 2014 Shock, 2004؛2002). اثر متقابل روش کاشت در کود سولفات پتاسیم در سال دوم نشان داد که، کشت زیگزاگی به همراه ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم بیشترین (۳/۵ کیلوگرم در متر مربع) و کشت معمول متراکم و عدم کاربرد کود سولفات پتاسیم کمترین (۲/۲ کیلوگرم

www.SID.ir

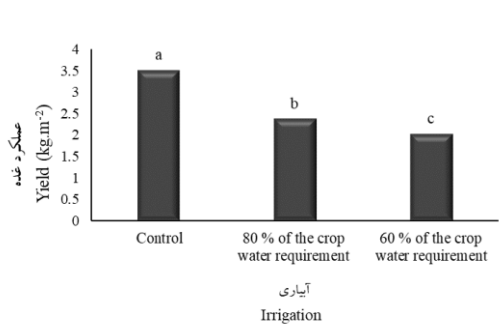
Archive of SID

در متر مربع) مقدار این صفت را داشتند (شکل ۱۴). با توجه به شکل در هر سه روش کشت، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم سبب افزایش عملکرد کل غده گردید و این افزایش برای کشت معمول، معمول متراکم و زیگزاگی به ترتیب ۱۰/۲، ۲۸/۱ و ۳۵/۵ درصد نسبت به عدم کاربرد بود (شکل ۱۴). در این آزمایش در هر دو سال زراعی کشت زیگزاگی به کاربرد کود پتاسیم واکنش بهتری نسبت به دوکشت دیگر نشان داد. به نظر می رسد که در کشت زیگزاگی پراکنش ریشه ها مناسب تر بوده و حجم بیشتری از خاک را جهت پتاسیم جستجو کرده و در نتیجه توانسته از کود پتاسیم استفاده بهینه تری داشته باشد. همچنین در این آزمایش



شکل ۱۱- اثر متقابل روش کشت و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر وزن خشک کل در سال ۱۳۹۶.

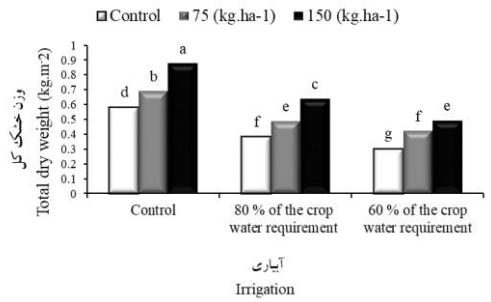
Fig 11. The interaction effect of planting pattern and potassium sulfate fertilizer on total dry weight in 2017.



شکل ۱۳- اثر میزان آبیاری بر عملکرد غده در سال ۱۳۹۶

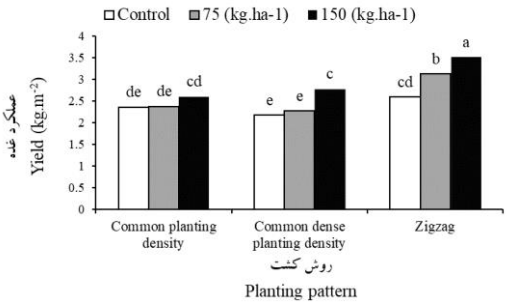
Fig 13. The effect of irrigation on yield in 2017.

پتاسیم سبب تعدیل کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی در شرایط ۶۰ درصد آب مورد نیاز در هر دو سال زراعی شد. در گیاه سیب زمینی، پتاسیم کافی با استحکام ساقه سیب زمینی سبب افزایش غده ها و تولید بیشتر ماده خشک می گردد و از طرف دیگر سبب سازگار شدن گیاه به تنش های محیطی می شود (Hoseini & Amini, 2014). در آزمایش حنان وهمکاران (Hannan *et al*., 2011) عملکرد سیب زمینی با افزایش مصرف پتاسیم بهبود یافت. با توجه به نتایج می توان استنباط کرد که با کم شدن میزان آب مورد نیاز گیاه، جبران افت عملکرد با مصرف پتاسیم امکان پذیر بود



شکل ۱۲- اثر متقابل میزان آبیاری و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر وزن خشک کل در سال ۱۳۹۶

Fig 12. The interaction effect of irrigation and potassium sulfate fertilizer on total dry weight in 2017.



شکل ۱۴- اثر متقابل میزان آبیاری و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر عملکرد غده در سال ۱۳۹۶

Fig 14. The interaction effect of irrigation and potassium sulfate fertilizer on yield in 2017.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، وزن خشک کل و عملکرد غده در کشت زیگزاگی مشاهده شد. از طرف دیگر تیمار ۶۰ درصد آب مورد نیاز سبب کاهش شاخص های رشدی و عملکرد غده گردید. شایان ذکر است که کاهش های وقوع یافته ناشی از کمبود آب در مؤلفه های رشدی، در تیمار ۸۰ درصد آب مورد نیاز نیز بروز یافته، بنابراین توصیه می شود از مواجهه گیاه سیب زمینی با شرایط کم آبیاری اجتناب و سعی شود تا نیاز آبی آن تأمین گردد. همچنین با افزایش مصرف پتاسیم، عملکرد غده سیب زمینی افزایش یافت به طوری که با مصرف ۱۵۰کیلوگرم K_2SO_4 در هکتار بیشترین عملکرد غده حاصل شد. نکته قابل‌توجه این بود که مصرف کود سولفات پتاسیم توانست سبب افزایش و بهبود شاخص های رشدی و عملکرد غده در شرایط کمبود آب گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Abdeldgadir, A.H., Errebhi, M.A., Al Sarhan, H.M., and Ibrahim, M. 2003. The effect of different levels of additional potassium on yield and industrial qualities of potato (*Solanum tuberosum* L.) in an irrigated arid region. *American journal of Potato Research*, 80: 219-222.

Alizadeh, A. 2006. *Water, soil and plant relationships*. Imam Reza University of Mashhad Publication. 472p. (In Persian).

Alizadeh, A., and Kamali, G.H. 2007. *Water requirement of plants*. Imam Reza University of Mashhad Publication. 223p. (In Persian).

Al-Mahmud, A., Altaf, H., Al-Mamun, A., Shamimuzzaman, E.H., Shafiur, R., Shawquat, A.KH., and Bazzaz, M. 2014. Plant canopy, tuber yield and growth analysis of potato under moderate and severe drought condition. *Journal of Plant Sciences,* 2 (5): 201-208.

Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., and Ganjali, A. 2012. Effect of drought stress in different phonological stages on morphological characteristics and performance components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8 (1): 157- 166. (In Persian).

Arshadi, M.J., Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2014. Investigating the effect of nitrogen fertilizer using chlorophyllometer on yield, yield components and Indices of potato growth. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11 (4): 573-582 (In Persian).

Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C., and Kwon, T.R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy,* 97: 45-110.

Baghani, J. 2009. Effect of planting pattern and water quantity on potato cultivation with drip irrigation in Mashhad. *Journal of Water Soil*, 23 (1): 153-159 (In Persian with English Summary).

Burton, W.G. 1989. The potato. Longman Scientific and Technical. pp: 85-320.

Bustan, A., Sagi, M., Malach, Y.D., and Pasternak, D., 2004. Effects of saline irrigation water and heat waves on potato production in an arid environment. *Field Crops Research*, 90: 275-285.

Coleman, W.K. 2008. Evaluation of wild Solanum species for drought resistance: Solanum gandarillasii Cardenas. *Environmental and Experimental Botany*, 62 (3): 221-230.

Deblonde, P.M.K., Haverkort, A.J., and Ledent, J.F. 1999. Responses of early and late potato cultivars to moderate drought conditions: Agronomic parameters and carbon isotope discrimination. *European Journal of Agronomy*, 11: 91-

www.SID.ir

Archive of SID

105.

Demagante, A.L., Harris, P.M., and Vander Zaag, P. 1995. A promising method for screening drought tolerance in potato ysing apical cutting. *American Potato Journal*, 72: 577-588.

Deshi, K.E., Obasi, M.O., Odiaka, N.I., Kalu, B.A., and Ifenkwe, O.P. 2015. Leaf area index values of potato (*Solanum tuberosum* L.) stored for different periods in different kinds of stores. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 8 (1): 9-19

Eskandari, A., Khazaie, H.R., Nezami, A., Kafi, M., and Majd Abadi, A. 2011. The effect of irrigation on physiological characteristics, yield and water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L) in Mashhad climatic conditions. *Journal of Horticultural Science*, 25 (2): 201-210 (In Persian).

Fakhari, R., Tobeh, A., Hasanzadeh, N., Barghi, A., and Shiri, M. 2013. Studying effects of different irrigation levels and planting patterns on yield and water use efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4 (7): 1941-1945.

FAO (Food and Agricultural Organization)2017 . FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://www.fao.org/faostat/en/#compare.

Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L. 1988. *Physiology of Crop Plants. Blackwell Scientific* Publications, Oxford, U. K.

Goldani, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 14: 229-242 (In Persian with English Summary).

Hamidvand, Y., Abdollahi, M.R., and Shaban, M. 2013. Investigation of growth analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and Zn fertilizer. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences,* 5 (5): 517- 521.

Hannan, A., Arif, M., Ranjha, A.M., Abid, A., Fan, X.H., and Li, Y.C., 2011. Using soil potassium adsorption and yield response models to determine potassium fertilizer rates for potato crop on a calcareous soil in Pakistan. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (6): 645-655.

Hatami, H., Aynehband, A., Azizi, M., Soltani, A., and Dadkhah, A.R. 2010. Effect of potassium fertilizer on growth indices and yield of soybean cultivars in North Khorasan. *Journal of ecophysiology of crops*, 2 (2): 75-90 (In Persian).

Hejri, A. 2008. *The effect of drought stress on growth indices, agronomical traits, yield and yield components of sunflower cultivars*. MSc Thesis. Agriculture Faculty. Isfahan Branch of Islamic Azad University, Isfahan, Iran (In Persian

www.SID.ir

Archive of SID

with English Summary).

Hemmati, E., Vzan, S., and Sadeghi Shoa, M. 2012. Effect of pre-planting irrigation, maize planting pattern and nitrogen on grain yield and yield components of maize cv. SC704. *Journal of Agronomy and Plant Breeding,* 8 (2): 21-31 (In Persian).

Hemmati, M.H., and Soleymani, A. 2014. A study about some physiological indices of sunflower growth under drought stress. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2 (3): 553-563.

Hoseini, S. M., and Amini, Z. 2014. Effect of potassium sulfate on drought resistance of Potato in Northern Fars province, Iran. *Journal of Water Research in Agriculture*, 28 (2): 365-375 (In Persian).

Hossein Pour, T., Siadat, S.A., Mamghani, R., and Rafiee, M. 2003. Study of some morphological and physiological characteristics affecting the performance and components Performance of wheat genotypes under low irrigation conditions. *Journal of Agricultural Sciences of Iran, 5 (1): 23-36.*

Jafari, M.A., Soltani, H., Rezvani, S.M., and Ghadami Firouzabadi, A. 2017. Economic evaluation and comparison of sprinkler and drip irrigation systems in potato cultivation in Hamedan province. *Journal of Water Research in Agriculture*, 195-205 (In Persian).

Jalali, H. 2014. Management of potassium application for potato cultivation in water and saline conditions. *Land Management Journal*, 2: 99-113.

Jamshidi, K., Mardani, R., and Yousefi, A.R. 2015. Evaluation of yield and yield components of maize (*Zea mays*) influenced by plant density, planting pattern and date. *Journal of Agricultural and Sustainable Production*, 25 (4): 59-69 (In Persian with English Summary).

Kafi, M., Borzoee, A., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental stresses in plants. Publications University of Mashhad, p 502. (In Persian).

Karle, A.S., Nankar, J.T., and Solanke, A.V. 1993. Percent contribution of plant parts in total dry matter accumulation of potato. *Field Crop Abstracts,* 46: 11.

Kazemi, M., Banayan Aval, M., and Ghorbani, R. 2016. Quantitative analysis of food security in Khorasan Razavi province based on potato production. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi),* 112: 63-75 (In Persian with English Summary).

Khalghani, J., Rahimzadeh Khoei, F., Moghaddam, M., and Rahimian Mashhadi, H. 1997. Analysis of potato growth process at different levels of nitrogen and plant density. Agricultural Science, 7 (1-2): 32-58 (In Persian).

Koochaki, A., and Bannayan Aval, M. 1990. *Physiology of crop yield. Mashhad*

www.SID.ir

Archive of SID

University Press. 379 p (In Persian).

Ramezani, M., and Rezaei Sokht-Abandani, R. 2013. The Effect of row spacing, plant population and planting pattern on yield and yield components of corn (SC 704) in double cropping. *Journal of Crop Ecophysiology*, 6 (3): 249-264 (In Persian with English Summary).

Saikia, L., Patgiri, D.K., and Mahanta, T.C. 1987. Effect of levels of potash on the growth of potato varieties. Journal of Potassium Research, 3(2): 80-84.

Samaee, M., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mousapour Gorji, A., and Zand, E. 2016. Water use efficiency and water productivity in potato genotypes under water stress conditions. *Journal of Soil and Water Conservation*, 6 (1): 15-30 (In Persian with English Summary).

Sharma, B.D., Sharma, U.C., and Kaul, H.N. 1990. Physiological traits for high yield in potato. *Indian Journal of Hill Farming*, 3 (1): 41-46.

Shock, C.C. 2004. Efficient Irrigation Scheduling. *Malheur Experiment Station, Oregon State University, Oregon, USA*.

Shojaei Noferest, K. 2014. *Evaluation of Morpho-physiological Characteristics in Association with Water Stress Tolerance in Potato Cultivars (Solanum tuberosum L.)*. Phd dissertation, Faculty of Agriculture, University of Ferdowsi, Iran (In Persian with English Summary).

Sobhani, A.R., and Hamidi, H. 2013. Effect of different potassium levels on yield and growth indices of potato in mashad climate condition. *Journal of Crop Ecophysiology*, 7 (3): 341-356 (In Persian with English Summary).

Sobhani, A.R., and Hamidi, H. 2014. Effects of different irrigation regims and amounts of potassium on qualitative characteristics of potato in Mashhad climatic conditions. *Journal of Plant Production*, 20 (4): 65-81 (In Persian with English Summary).

Taiz, L., and Zeiger, E. 1991. *Plant physiology*. Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc. Red wood City.CA. pp 68–70. 88–89.114. 353.

Thornton, M.K. 2002. Effects of heat and water stress on the physiology of potatoes. *Idaho Potato Conference, Idaho.*

Zarea, M.J., Ghalavand, A., and Daneshian, J. 2005. Effect of planting patterns of sunflower on yield and extinction coefcient. *Agronomy for Sustainable Development*, 25 (4): 513-518.

Zerust, J. 1995. The effects of drought on the potato leaf area. CAB Abstracts.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigating the effect of different planting patterns on potato growth indices under different levels of irrigation and potassium sulfate fertilizer

F. Faridi Mayvan[1*], M. Jami Al- Ahmadi[2], S. V. Eslami[3], K. Shojaei Noferest[4]

1. PHD Student of Faculty of Agriculture, the University of Birjand. (Corresponding author)
2. Faculty of Agriculture, the University of Birjand.
3. Faculty of Agriculture, the University of Birjand.
4. Assistant professor of Agronomic and Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

Received: May 1397 - Accepted: June 2019 - DOI: 10.22092/aj.2019.121820.1296

Extended Abstract

Faridi Mayvan, F., Jami Al- Ahmadi, M., Eslami, S. V., Shojaei Noferest, K., Investigating the effect of different planting patterns on potato growth indices under different levels of irrigation and potassium sulfate fertilizer
Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 02, 2019- Page: 1-3: 1-24(in Persian)

Introduction

Potato is amongst the most important crops in the world. It is the third most consumed crop worldwide after rice and wheat and is followed by corn in this regard (Kazemi *et al.,* 2016). Abiotic stresses like drought may cause adverse effects on growth and tuber yield of potato plants as they are very sensitive to soil moisture reduction (Deblond *et al.,* 1999). Potassium is used as a cofactor of enzymes, osmotic activities and plant electrolyte regulation, and is an essential element for osmotic control, which can reduce osmotic potential and improve plant acclimatization under drought conditions (Taiz & Zeiger, 1991). Given the importance of potato production and its high demand for water and because of scant research being conducted on the planting patterns of this crop, the present study aimed to investigate the effects of various planting patterns and different potassium fertilizer levels on potato growth indices under water-limited conditions in Khorasan Razavi province.

Materials and Methods

This experiment was conducted at Jolge Rokh- agricultural research station over spring and summer of 2016 and 2017 cropping seasons. The experiment was laid out as a split split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications. The trial factors consisted of three planting

Email address of the corresponding author: fahimeh.faridi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

patterns including common planting, common dense planting and zigzag planting designated as the main plots, and irrigation with three levels [control (without stress), irrigation based on 80% of the crop water requirement (as deficit irrigation treatment), and irrigation based on 60% of the crop water requirement (as stress treatment)] designated as the sub -plots, and three levels of potassium fertilizer (0 (control), 75 and 150 kg potassium sulfate per hectare) designated as sub-subplots The water needed for the plant was determined based on water requirement of the potato, which was determined using the software (OPTIWAT) and FAO Penman-Monteith method. The leaf area and leaf dry weight were measured during the growing period at two-week intervals.

Results and Discussion

The results showed that the greatest leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR) and total dry matter (TDM) were observed with zigzag planting pattern at either year of the study. The maximum TDM under common, common dense and zigzag planting in the first year were 634.3, 671.9 and 870 $g.m^{-2}$, respectively, while the corresponding values for the second year were 808.5, 919.2 and 1065 $g.m^{-2}$, respectively. Irrigation treatments based on 80 % and 60% of the crop water requirement reduced the growth indices and yield of the tubers. The greatest tuber yield was observed with full irrigation treatment (100% of the crop water requirement (32 and 35.2 ton. ha^{-1} in the first and second year, respectively), while the lowest tuber yield was obtained with 60% of the crop water requirement (20.2 and 20.4 ton. ha^{-1} in the first and second year, respectively). The results showed that potassium sulfate increased TDM, LAI, CGR, NAR and tuber yield. The application of 150 kg of potassium sulfate produced the greatest TDM (850.2 and 1118.9 $g.m^{-2}$ in the first and second year, respectively), whereas no fertilizer usage gave the lowest TDM (584.2 and 743 $g.m^{-2}$ in the first and second year, respectively). In potato plants, sufficient quantities of potassium increase the number of tubers and dry matter production through strengthening potato stems, and at the same time, the plant can acclimatize to environmental stresses.

Conclusion

The results showed that the greatest LAI, TDM, CGR, NAR and tuber yield were observed with the zigzag planting. On the other hand, irrigation based on 60% the crop water requirement reduced the growth indices and tuber yield. It is worth noting that applying 80% of the crop water requirement also decreased the investigated growth traits of the potato plants. Therefore, it is recommended that the exposure of potato plants to deficit irrigation conditions be avoided and the efforts should be made to provide them with adequate water. But the remarkable point was that the usage of potassium sulfate fertilizer could enhance and improve

www.SID.ir

Archive of SID

growth rates under low irrigation and water stress conditions.

Keywords: Crop growth rate, leaf area index, water requirement, tuber yield

References

Deblonde, P.M.K., Haverkort, A.J., and Ledent, L.F. 1999. Responses of early and late potato cultivars to moderate drought conditions: Agronomic parameters and carbon isotope discrimination. *European Journal of Agronomy*, 11: 91-105.

Kazemi, M., Banayan Aval, M., and Ghorbani, R. 2016. Quantitative analysis of food security in Khorasan Razavi province based on potato production. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 112: 63-75 (In Persian with English Summary).

Taiz, L., and E. Zeiger. 1991. *Plant physiology*. Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc. Red wood City.CA. pp 68–70. 88–89.114. 353.

www.SID.ir