مجله علوم و فنون و باغبانی ایران جلد ۱۰ شماره ۴ صفحه های ۲۸۵ تا ۲۹۲ (۱۳۸۸)

برهمكنش جيبرليک اسيد و سولفات روي بر ويژگي هاي رويشي و عملكرد سيب‌زميني رقم 'آگريا'[1]

INTERACTION OF GA_3 AND ZINC SULFATE ON VEGETATIVE CHARACTERISTICS AND YIELD OF POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* CV. 'AGRIA')

جمال جوانمردي و فرزاد رسولي[2]

چكيده

تشكيل و رشد ژوخه (غده) سيب‌زميني تحت تأثير عوامل ژنتيكي، محيطي و هورمون‌هاي گياهي قرار مي‌گيرد. در اين ميان جيبرليک اسيد باعث افزايش تشكيل و طول دستک ها[3] ولي تأخير در ژوخه‌زايي مي‌شود. از طرفي تعادل هورموني بين تنظيم كننده‌هاي رشد گياهي نقش مهمي در ژوخه‌زايي سيب‌زميني دارد و عنصر روي يكي از عواملي است كه اين تعادل را به سمت ژوخه‌زايي سوق مي‌دهد. در اين پژوهش به منظور افزايش عملكرد سيب‌زميني، ابتدا جهت افزايش رشد رويشي از محلول‌پاشي با سطوح مختلف جيبرليک اسيد در غلظت‌هاي صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ ميلي‌گرم در ليتر در مراحل اوليه رشد رويشي و سپس براي تحريک ژوخه‌زايي از سولفات روي در غلظت‌هاي صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ميلي‌گرم در ليتر، سي روز پس از محلول‌پاشي اول و همزمان با ژوخه‌زايي استفاده شد. نتايج آزمايش نشان داد كه ارتفاع گياه، وزن تر و خشک شاخساره بيشتر تحت تأثير جيبرليک اسيد قرار گرفتند، ولي درصد وزن خشک ژوخه‌ها بيشتر تحت تأثير سولفات روي قرار گرفت. به طور كلي كاربرد جيبرليک اسيد در غلظت ۲۰۰ ميلي‌گرم در ليتر در برهمكنش با تيمار ۵۰۰ ميلي‌گرم در ليتر سولفات روي به طور معني‌داري باعث افزايش تعداد ژوخه‌هاي بذري و عملكرد كل ژوخه‌ها شد.

واژهاي كليدي: جيبرليک اسيد، دستک، سولفات روي، عملكرد سيب‌زميني.

مقدمه

بررسي هاي اوليه نشان داده است كه محرک‌هاي ژوخه‌زايي پس از ساخته شدن در برگ‌ها، به نوک دستک‌ها منتقل شده و باعث تشكيل ژوخه مي‌شوند (۷). پژوهش‌هاي پيشين در بيشتر موارد نشان داده‌اند كه جيبرليک اسيد و اتيلن به صورت بازدارنده ژوخه‌زايي و سايتوكينين موجب ژوخه‌زايي شده است. امروزه جاسمونيک اسيد نيز به عنوان يكي از هورمون‌هاي مؤثر در ژوخه‌زايي عنوان شده است (۱). اوينگ (۴) گزارش كرد كه جيبرليک اسيد در تشكيل دستک و رشد افقي آن نقش دارد. آيدالا و همكاران (۲) گزارش دادند تشكيل دستک در ارتباط با مقادير بالاي جيبرليک اسيد در گياه است و كاربرد خارجي جيبرليک اسيد، رشد دستک را تسريع مي‌كند. اگرچه شواهد زيادي اين فرضيه را تأييد مي‌كنند كه جيبرليک

۱- تاريخ دريافت: ۸۸/۲/۷ تاريخ پذيرش: ۸۸/۸/۱۳

۲- به ترتيب استاديار و دانشجوي پيشين كارشناسي ارشد علوم باغباني، دانشكده كشاورزي دانشگاه شيراز، شيراز، جمهوري اسلامي ايران.

۳- Stolons

اسیدها در ژوخه زایي نقش منفي ایفاء مي‌کنند، ولي به احتمال زیاد این مواد در توازن با هورمون‌هاي دیگر در ژوخه‌زایي نقش دارند (۵، ۱۷).

به غیر از هورمون‌ها، عناصر غذایي و به ویژه عناصر غذایي کم مصرف در توازن هورموني گیاه نقش دارند. در این میان عنصر روي یکي از عناصري است که در واکنش‌هاي بیوشیمیایي مختلف از قبیل تنظیم سنتز RNA و تریپتوفان (ماده اولیه براي سنتز ایندول استیک اسید) نقش اساسي ایفاء مي‌کند (۱۲). در آزمایشي نشان داده شده است که سولفات روي در تولید و تنظیم هورمون‌هاي مؤثر در ژوخه‌زایي سیب‌زميني، میزان سایتوکینین را در برگ‌ها به تقریب دو برابر و در ژوخه‌ها حدود پنج برابر افزایش داده است و تعداد و وزن ژوخه‌ها را نیز (حدود دو برابر) افزایش مي‌دهد (۱۵). ملکوتي و آقالطف‌الهي (۱۱) گزارش کردند که عملکرد سیب‌زميني مي‌تواند تا حدود ۲۹/۳% با کاربرد سولفات روي (به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش پیدا کند.

آن چه که در سیب‌زميني میزان عملکرد را تعیین مي‌کند وزن، تعداد و اندازه ژوخه‌هاست. یکي از عوامل انگیزش تشکیل ژوخه در سیب‌زميني، رسیدن غلظت کربوهیدرات‌هاي داخلي گیاه به یک آستانه بحراني است. براي این منظور باید شاخساره گیاهي به‌حدي توسعه یابد که بتواند این غلظت لازم را تأمین نماید. به همین منظور آزمایشي طرح شد که هدف آن بررسي اثر کاربرد سطوح مختلف جیبرلیک اسید بر رشد رویشي اولیه و ایجاد شاخساره مورد نیاز براي تأمین مقادیر کافي کربوهیدرات‌هاي لازم جهت تشکیل ژوخه و سپس تأثیر عنصر روي (به صورت سولفات روي) بر تشکیل ژوخه و میزان عملکرد سیب‌زميني بود. آزمایش به نحوي طراحي شد که مواد مورد استفاده در آن، در دسترس بوده و کشاورزان نیز قادر به تهیه و کاربرد آن ها باشند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعي در سال‌هاي ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ در شمال شهرستان بوکان منطقه علي آباد از شهرهاي جنوبي استان آذربایجان غربي در قسمتي (۵۰۰ متر مربع) از یک مزرعه تجاري ۲ هکتاري انجام پذیرفت که در آن سیب‌زميني رقم 'آگریا' (*Solanum tuberosum* cv. 'Agria') کشت شده بود. آزمایش به صورت فاکتوریل ۴×۴ با طرح پایه بلوک‌هاي کامل تصادفي انجام شد. تیمارها شامل محلول پاشي برگ‌ها با جیبرلیک اسید (به صورت قرص برلکس، محصول شرکت انگلیسي Vallent Biosciences) در چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلي‌گرم در لیتر ماده خالص، ۲۰ روز پس از ظهور جوانه‌ها در سطح خاک و سپس محلول پاشي برگ‌ها با سولفات روي (شرکت Merck آلمان) در چهار سطح صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلي‌گرم در لیتر در زمان انگیزش تولید ژوخه (همزمان با ظهور گل‌ها)، یعني ۳۰ روز پس از تیمار با جیبرلیک اسید انجام شد. هر تیمار داراي ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۱۵ بوته بود. محلول پاشي تیمار شاهد نیز به طور همزمان با آب خالص انجام شد. کلیه مراحل کاشت، داشت و برداشت در این آزمایش به صورت مکانیزه و همانند مراحل تولید تجاري در منطقه انجام گرفت.

اندازه‌گیري‌هاي مربوط به ویژگي هاي رویشي بوته (ارتفاع بوته و وزن تر بوته) و عملکرد ژوخه‌ها (تعداد ژوخه در هر بوته و وزن تر ژوخه‌ها) در زمان برداشت محصول (اوایل آبان) انجام پذیرفت. اندازه‌گیري درصد ماده خشک شاخساره ها و ژوخه‌ها به طور جداگانه پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون با دماي ۸۰ درجه سلسیوس صورت پذیرفت. اندازه‌گیري

کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل‌سنج قابل حمل (SPAD 502) از ۱۵ گیاه در هر تیمار (هر گیاه ۱۰ مرتبه) انجام شد. با توجه به این که تعداد ژوخه در بوته یکي از اجزاي اصلي عملکرد در سیب‌زمیني محسوب مي‌شود، در این آزمایش تعداد کل ژوخه‌هاي هر بوته شامل ژوخه‌هاي بذري (با وزن ۴۰ تا ۷۰ گرم) و ژوخه‌هاي بزرگ تر قابل عرضه به بازار (با وزن بیشتر از ۷۰ گرم) نیز شمارش شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در سیستم SAS توسط نرم‌افزار JMP 5.2 مورد آنالیز آماري و مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵% با آزمون توکي انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از تجزیه مرکب ویژگي هاي مورد ارزیابي در هر دو سال زراعي، از نظر اثر سال و اثر سال در نژادگان، از نظر آماري معني‌دار نبود، بنابراین مقایسه‌ها بر اساس میانگین داده‌هاي دو سال متوالي صورت پذیرفت. نتایج آزمایش اثر تیمارها بر ارتفاع گیاه، وزن تر و درصد ماده خشک شاخساره و میزان کلروفیل برگ در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرهاي محلول پاشي با سطوح مختلف جیبرلیک اسید و سولفات روي بر ارتفاع بوته، وزن تر و خشک شاخساره و میزان کلروفیل.

Table 1. Effects of GA_3 and $ZnSO_4$ on plant height, fresh and dry weights of shoot and chlorophyll content.

تیمارها (میلي‌گرم در لیتر) Treatments (mg l^{-1})		میانگین‌ها Means			
جیبرلیک اسید Gibberellic acid	سولفات روي $ZnSO_4$	ارتفاع گیاه (سانتي متر) Plant height (cm)	وزن تر شاخساره (کیلوگرم در بوته) Shoot FW (Kg Pl^{-1})	درصد ماده خشک شاخساره Shoot dry matter (%)	کلروفیل برگ (میلي‌گرم در گرم وزن تازه) Chlorophyl (mg g^{-1} FW)
0	0	58.25d†	0.98c	16.33h	0.65bcde
	500	61.8d	0.94c	16.43gh	0.68bcd
	1000	61.25d	1.06c	16.55gh	0.73ab
	2000	61.07d	1.09bc	17.06fg	0.77a
100	0	79.19c	1.27abc	17.51f	0.60cde
	500	84.65bc	1.44abc	17.33ef	0.65bcde
	1000	85.84b	1.44abc	17.56ef	0.66bcde
	2000	82.87bc	1.45abc	17.75def	0.68abc
200	0	97.07a	1.41abc	18.18cde	0.56e
	500	95.84a	1.44abc	18.33cd	0.61cde
	1000	96.24a	1.59ab	18.47c	0.63bcde
	2000	99.94a	1.58ab	18.62bc	0.67bcd
400	0	99.47a	1.54ab	19.20ab	0.57e
	500	97.85a	1.56ab	19.32ab	0.56e
	1000	99.92a	1.64a	19.39a	0.60cde
	2000	100.03a	1.59ab	19.47a	0.62cde

† Means followed by the same letter(s) in each column, are not significantly different using Tukey's test at $P<0.05$.

† حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود اختلاف معني‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون توکي در سطح ۵% مي‌باشد.

ارتفاع گیاه

نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت جیبرلیک اسید تا ۲۰۰ میلي‌گرم در لیتر، ارتفاع بوته‌ها نیز افزایش مي‌یابد و پس از آن با افزایش غلظت تا ۴۰۰ میلي‌گرم در لیتر تفاوت معني‌داري بین تیمارها دیده نمي‌شود (جدول ۱). ارتفاع گیاه در برهمکنش جیبرلیک اسید و سولفات روي نیز تا غلظت ۲۰۰ میلي‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید افزایش و پس از آن تفاوت مشاهده شده معني‌دار نبود. بدین ترتیب مي‌توان چنین استنباط نمود که اثر جیبرلیک اسید بر ارتفاع گیاه به صورت غالب عمل مي‌نماید و سولفات روي نقش چنداني بر ارتفاع گیاه ندارد. چون زمان کاربرد سولفات روي در مرحله انگیزش به تولید ژوخه بوده و رشد رویشي گیاه تا این مرحله از قبل صورت پذیرفته است. این یافته‌ها با گزارش هاي لاول و بوث (۱۰)، منزل (۱۳) و آلکسیوس و همکاران (۳) همخواني دارد.

وزن تر و درصد ماده خشک شاخساره

در تیمارهاي انجام شده کمترین وزن تر شاخساره در تیمار شاهد به دست آمد و تفاوت معني‌داري بین غلظت‌هاي ۱۰۰ تا ٤۰۰ میلي‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید بر وزن تر شاخساره ها مشاهده نشد. با توجه به نتایج حاصل از برهمکنش جیبرلیک اسید و سولفات روي چنین به نظر مي‌رسد که سولفات روي در صورت کاربرد جیبرلیک اسید در مراحل اولیه رشد، نقش چنداني بر افزایش وزن تر گیاه ایفاء نمي‌کند. اما در مورد تأثیر بر درصد ماده خشک شاخساره ها تفاوت‌ها بسیار قابل ملاحظه بودند به نحوي که با افزایش غلظت جیبرلیک اسید تا ٤۰۰ میلي گرم در لیتر (صرف نظر از کاربرد سولفات روي) درصد ماده خشک شاخساره ها حدود ١٦% افزایش مي‌یابد. به نظر مي‌رسد که اثر برهمکنش جیبرلیک اسید با سولفات روي در افزایش وزن خشک به این صورت است که با افزایش غلظت جیبرلیک اسید و سولفات روي، روند افزایشي در درصد ماده خشک شاخساره گیاهان دیده مي‌شود و تأثیرپذیري درصد ماده خشک شاخساره ها بیشتر ناشي از جیبرلیک اسید است نه سولفات روي، چون در یک غلظت خاص از جیبرلیک اسید، افزایش وزن خشک ناشي از کاربرد سولفات روي معني‌دار نبوده است (جدول ۱).

میزان کلروفیل

نتایج آزمایش ها نشان داد که به طور کلي در غلظت‌هاي بالاتر جیبرلیک اسید، میزان کلروفیل کاهش بیشتري دارد، اما سولفات روي در برهمکنش با جیبرلیک اسید مقدار کلروفیل را افزایش مي‌دهد، هرچند این افزایش در برخي از تیمارها معني‌دار نبوده است. کمترین مقدار کلروفیل در تیمارهاي ۲۰۰ و ٤۰۰ میلي‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید مشاهده شد (جدول ۱). کاهش کلروفیل در اثر جیبرلیک اسید با پژوهش ویلر و همکاران(١٦) نیز مطابقت دارد. چنین گزارش شده است که جیبرلیک اسید باعث افزایش مقدار کلروفیل مي‌شود ولي به دلیل افزایش سطح برگ توسط آن، مقدار کلروفیل نسبت به واحد سطح کاهش مي‌یابد. افزایش کلروفیل ناشي از تیمار با سولفات روي را مي‌توان این گونه توضیح داد که روي در ساختار و فعال

کردن تعداد زیادي از آنزیم‌هاي درگیر در سنتز کلروفیل نقش اساسي ایفاء مي‌کند (١٤). نتایج این پژوهش با یافته‌هاي قبلي در سیب زمیني (١٥) و حتي گیاه تک لپه‌اي مانند گندم (٦) در این مورد همخواني دارد.

تعداد ژوخه در بوته

نتایج آزمایش اثر تیمارها بر تعداد ژوخه‌هاي بذري، ژوخه‌هاي بزرگ و تعداد کل ژوخه‌ها در جدول ٢ آمده است. برهمکنش جیبرلیک اسید و سولفات روي اثرهاي معني‌داري بر تعداد ژوخه‌هاي بذري، تعداد ژوخه‌هاي بزرگ و تعداد کل ژوخه‌ها داشته است. در تیمارهاي برهمکنش با این که از غلظت ١٠٠ میلي‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید به بالا، افزایش تعداد ژوخه‌هاي بذري٤٠ تا ٧٠ گرمي مشاهده مي‌شود ولي تفاوت معني‌داري با هم ندارند، با این حال بیشترین تعداد ژوخه بذري به دست آمده حاصل از تیمار ٤٠٠ میلي گرم جیبرلیک اسید و ٥٠٠ میلي‌گرم سولفات روي بود. وضعیت در مورد ژوخه‌هاي بزرگ (با وزن بیشتر از ٧٠ گرم) به طور کامل برعکس بود به نحوي که با افزایش غلظت جیبرلیک اسید تا ٢٠٠ میلي‌گرم در لیتر، کاهش تعداد این ژوخه‌ها معني‌دار نبود ولي در غلظت‌هاي بالاتر، تعداد این ژوخه‌ها کاهش معني‌داري یافت. بیشترین تعداد کل ژوخه‌ها در ٢٠٠ میلي‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید و کاربرد سولفات روي مشاهده گردید (غلظت از ٥٠٠ میلي‌گرم در لیتر به بالا) به طوري که تفاوتي بین غلظت‌هاي مختلف سولفات روي مشاهده نشد (جدول ٢).

با توجه به گزارش منزل (١٣) جیبرلیک اسید ژوخه‌زایي را به تأخیر مي‌اندازد، در مقابل گزارش هاي دیگر (٢، ٤) اشاره بر این دارند که جیبرلیک اسید باعث تحریک گیاه به تولید دستک و رشد آن مي‌شود، همچنین یافته‌هاي قبلي (٨، ١٥) نشان مي‌دهند که سولفات روي با تأثیر بر نسبت هورمون‌هاي گیاهي ژوخه‌زایي را تحریک مي‌کند. نتایج این آزمایش با توجه به یافته‌هاي یاد شده چنین قابل توجیه است که جیبرلیک اسید در ابتدا تعداد دستک‌ها را افزایش داده و سولفات روي در زمان ژوخه‌زایي، مقدار جیبرلیک اسید را در نسبت با دیگر هورمون‌ها تعدیل کرده و ژوخه‌زایي را در دستک تحریک مي‌کند. از آنجا که تعداد دستک‌ها از پیش با تیمار جیبرلیک اسید افزایش یافته‌اند، تولید تعداد ژوخه‌هاي بیشتري نیز قابل انتظار است. با توجه به این که تعداد ژوخه از اجزاي عملکرد مي‌باشد، در این پژوهش با افزایش تعداد ژوخه، افزایش عملکرد نیز صورت پذیرفته است. در این آزمایش تعداد ژوخه‌هاي بذري نسبت به تعداد ژوخه‌هاي بزرگتر به دو دلیل افزایش یافته است، دلیل اول تأخیر در ژوخه‌زایي است که باعث شده زمان کمتري براي بزرگ شدن ژوخه از نظر طول فصل رشد در اختیار گیاه قرار گیرد و دلیل دوم این که محلول‌پاشي سولفات روي همزمان با کوتاه شدن طول روز و خنک شدن فصل است که باعث مي‌شود میزان مواد غذایي کمتري در گیاه تولید شود و آنچه هم که تولید شده بین تعداد ژوخه بیشتري که تشکیل شده تقسیم شود. نتایج این پژوهش با نتایج آلکسیوس و همکاران (٣) که در آن جیبرلیک اسید باعث افزایش تعداد ژوخه‌هاي بذري شده مطابقت دارد.

وزن تر ژوخه

در تیمارهاي انجام شده بیشترین وزن تر ژوخه در تیمار ٢٠٠ میلي‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید در برهمکنش با کاربرد سولفات روي به دست آمد ولي اختلاف معني‌داري بین سطوح مختلف سولفات روي مشاهده نشد (جدول ٢). تیمارهاي جیبرلیک اسید موجب افزایش مقدار شاخساره و به دنبال آن افزایش مقدار ریشه مي‌شود (١٨، ١٩)، چون همبستگي رشد در گیاه ایجاب مي‌کند که همیشه توازني بین شاخساره ها و ریشه گیاه وجود داشته باشد (١٦). بنابراین جذب آب و

عناصر غذايي از طريق ريشه بيشتر شده و در اثر افزايش كربوهيدرات‌هاي ناشي از افزايش شاخساره گياه، ذخيره آب و مواد غذايي نيز در ژوخه‌ها افزايش مي‌يابد. اين نتايج با يافته الكسيوس و همكاران (۳) همخواني دارد. اثر سولفات روي بر وزن تر ژوخه‌ها نيز با گزارش كلانترى و كاظمين خواه (۹) مطابقت دارد.

درصد ماده خشک ژوخه

تيمار گياهان با سولفات روي در برهمكنش با جيبرليک اسيد، نشان داد كه با افزايش غلظت سولفات روي، درصد ماده خشک توليدي ژوخه افزايش مي‌يابد. در اين راستا به نظر مي‌رسد كه تيمار با جيبرليک اسيد نمي‌تواند نقش چنداني در افزايش وزن خشک ژوخه‌ها داشته باشد، چون روند افزايشي وزن خشک در كليه تيمارهاي جيبرليک اسيد به تقريب يكسان بوده و همگي در بالاترين غلظت سولفات روي (۲۰۰۰ ميلي گرم در ليتر) به بيشينه رسيده و تفاوت معني‌داري با هم ندارند (جدول ۲).

جدول ۲- مقايسه ميانگين‌هاي اثرهاي محلول‌پاشي با سطوح مختلف جيبرليک اسيد و سولفات روي بر تعداد ژوخه‌هاي بذري، ژوخه‌هاي بزرگ، تعداد كل ژوخه‌ها، وزن تر و خشک ژوخه در بوته.

Table 2. Effects of GA_3 and $ZnSO_4$ on seed tuber number, big tuber number, total tuber number, tuber fresh and dry weights.

تيمارها (ميلي‌گرم در ليتر) Treatments (mg l^{-1})		میانگین‌ها Means				
جيبرليک اسيد Gibberellic acid	سولفات روي $ZnSO_4$	تعداد ژوخه‌هاي بذري در هر بوته (۴۰ تا ۷۰ گرم) Seed tuber (40 – 70 g) (number $plant^{-1}$)	تعداد ژوخه‌هاي بزرگ در هر بوته (۷۰ گرم به بالا) Big tuber (over 70 g) (number $plant^{-1}$)	تعداد كل ژوخه‌ها Total tuber number	وزن تر ژوخه (تن در هكتار) Tuber FW (ton ha^{-1})	درصد ماده خشک ژوخه Tuber DW (%)
0	0	4.26fg	7.00ab	11.26f	40.21e	21.59de
	500	3.80g	7.33ab	11.13f	40.72de	22.57bcd
	1000	6.10ef	7.26ab	13.70cd	45.48bcd	23.06b
	2000	6.23de	7.83a	13.93c	46.27bc	23.36ab
100	0	6.23de	6.26abcd	12.50de	43.31bcde	19.42h
	500	8.13abc	6.06abcd	14.20bc	47.66b	20.41g
	1000	8.06abcd	6.20abcd	14.26cde	47.89b	21.14efg
	2000	7.83abcd	6.33abcd	14.16cde	47.66b	23.46ab
200	0	7.76abcd	6.40abcd	12.16ef	42.76cde	18.31i
	500	9.20a	6.13abcd	15.30ab	55.42a	19.33h
	1000	9.00a	6.80abc	15.80a	57.08a	20.54fg
	2000	8.96a	6.40abcd	15.36ab	55.74a	23.36ab
400	0	9.26a	3.13e	12.23ef	42.57cde	18.08efg
	500	9.50a	4.40de	13.90c	46.27bc	21.77cde
	1000	8.56ab	4.86cde	13.26cde	44.19bcde	22.36bc
	2000	8.90a	4.65de	13.48cde	44.33bcde	24.33a

† Means followed by the same letter(s) in each column, are not significantly different using Tukey's test at $P<0.05$.

† حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود اختلاف معني‌دار بين تيمارها بر اساس آزمون توكي در سطح ۵% مي‌باشد.

نتيجه‌گيري كلي

محاسبه افزايش عملكرد ناشي از تعداد كل ژوخه‌ها و وزن تر آن ها (جدول ۲) نشان داد كه افزايش عملكرد كل در تيمارهاي اعمال شده نسبت به شاهد قابل توجه بوده است، به طوري كه بيش از ۱۵ تن افزايش عملكرد در هكتار از تيمار ۲۰۰ ميلي‌گرم در ليتر جيبرليک اسيد در برهمكنش با ۵۰۰ ميلي‌گرم در ليتر سولفات روي نسبت به شاهد به دست آمد. بنابراين كاربرد به موقع (در ابتداي فصل رشد) جيبرليک اسيد جهت افزايش رشد رويشي گياه، باعث افزايش ميزان كربوهيدرات‌ها در گياه مي‌شود و چنانچه در زمان انگيزش گياه به توليد ژوخه، از تركيب هاي محرک به ژوخه‌زايي (مانند سولفات روي) استفاده شود، مي‌تواند در تخصيص كربوهيدرات‌هاي توليدي به درون ژوخه‌ها نقش داشته و افزايش عملكرد سيب زميني را به دنبال داشته باشد.

منابع REFERENCES

۱. فتحي، ق. و ب. اسماعيل پور، ۱۳۷۸. تنظيم‌كننده‌هاي رشد گياهي. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهي، صفحه هاي ۲۰٤-۱۹٦ (برگردان).

2. Abdala, G., G. Castro, O. Miersch and D. Pearce, 2002. Changes in jasmonate and gibberellin levels during development of potato plants (*Solanum tuberosum*). Plant Growth Regul. 36:121-126.
3. Alexios, A.A., A.A. Konstantinos and C.P. Harold, 2006. The effect of the time and mode of application of gibberellic acid on the growth and yield of potato plants derived from true potato seed. (Abst.) Sci. Food Agr. 7:2189-2195.
4. Ewing, E.E. 1995. The role of hormones in potato (*Solanum tuberosum*). In: Plant Hormones. Davies, P.J. (ed.) Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. 689-742.
5. Ewing, E.E. 1997. Potato. In: The Physiology of Vegetable Crops. (ed.) H.C. Wien. CAB International, Wallingford, U.K. 295-344.
6. Graham, A.W. 2004. Effect of zinc nutrition and high temperature on growth, yield and grain quality of wheat (*Triticum aesativm*). Ph.D. Thesis. University of Adelaid, South Australia.
7. Grigory, L.E. 1956. Some factors for tuberization in the potato plant. Amer. J. Bot. 43:281-288.
8. Ismail, C., H. Marshner and F. Bangerth, 1989. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indol-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris*). (Abst.). Oxford University Press, London, U.K.
9. Kalantari, F. and K. Kazemeinkhah, 2004. The role of using Zn on quantity of potato in soils of east Azarbaijan. The Joint Agriculture and Natural Resourses Symposium, Tabriz-Ganja, May 14-16.
10. Lovell, P.H. and A. Booth, 1967. Effect of gibberellic acid on growth tuber formation and carbohydrate distribution in *Solanum tuberosum*. New Phytol. 66:525-537.

11. Malakuti, M. and M. Aga-lotfollahi, 1999. The role of using Zn on quantitative and qualtitative increasing of agricultural products and the society`s health, Publications of Agricultural Training Magazine, Karaj, Iran.
12. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. ACO Press Harcourt Company. 300-312.
13. Menzel, C.M. 1985. Tuberization in potato at high temperatures: interaction between temperatures and irradiance. Ann. Bot. 55:35-39.
14. Ohki, K. 2006. Effect of zinc nutrition on photosynthesis and carbonic anhydrase activity in cotton. Physiol. Plant. 38:300–304.
15. Puzina, T.I. 2004. Effect of zinc sulfate and boric acid on the hormonal status of potato plants in relation to tuberization. Russ. J. Plant. Physiol. 51:209-214.
16. Wheeler, A.W. and E.C. Humphries, 1963. Effect of gibberellic acid on growth, gibberellin content, and chlorophyll content of leaves of potato (*Solanum tuberosum*). J. Exp. Bot. 14:132-136.
17. Wien H.C. 1997. Correlative growth in vegetables. In: The Physiology of Vegetable Crops. ed. H.C. Wien. CAB International, Wallingford, U.K. 181-206.
18. Williams, P.M. and S. Margarita, 1982. Abscisic acid and gibberellin-like substances in roots and root nodules of *Glycine max*. Plant Soil, 65:19-29.
19. Yaxley, J.R., J.J. Ross, J.L. Sherriff, and B.J. Reid, 2001. Gibberellin biosynthesis mutation and root development in pea. Plant Physiol. 125:627-633.