ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه و جذب نیتروژن در هشت رقم سیب زمینی

مهدی شریفی[۱]، محمد علی حاج عباسی[۱]، محمود کلباسی[۱] و مصطفی مبلی[۲]

چکیده

سیب زمینی(Solanum tuberosum L.) گیاهی است با سیستم ریشه‌ای که نیاز بالای آن به نیتروژن از جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی حائز اهمیت است. این پژوهش با هدف تعیین و مقایسه ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه و جذب نیتروژن در۸ رقم رایج و جدید سیب زمینی تحت کشت در ایران انجام شد. برای این منظور رقم‌های سیب زمینی آریندا، اگریا، پریمیر، دیامانت، کنکورد، مارفونا، مارودانا و نوتیا در یک آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد مقایسه قرار گرفتند. غده‌های عاری از ویروس پس از کشت در گلدان و رشد در شرایط مناسب، در زمان گل‌دهی برداشت شدند. ویژگی‌های ریشه شامل طول، متوسط قطر و سطح ریشه با استفاده از دستگاه دلتا- ت اسکن ایمیج آنالیز، هم‌چنین تراکم طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی تعیین شد. وزن خشک و تجمع نیتروژن (کل نیتروژن جذب شده) درگیاه اندازه گیری شد. غلظت نیتروژن معدنی خاک نیز قبل از کاشت و بعد از برداشت تعیین شد.

نتایج بیانگر تفاوت معنی‌دار رقم‌ها از نظر تمام ویژگی‌های مورد بررسی به جز متوسط قطر ریشه بود. تفاوت زیاد بین رقم‌ها برای بیشتر صفات، حاکی از تنوع ژنتیکی بالا بین رقم‌ها بود. رقم‌های مارفونا و نویتا به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین مقادیر ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه، تجمع ماده خشک و نیتروژن بودند. تجزیه کلاستر بر اساس صفات طول ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، تجمع ماده خشک و تجمع نیتروژن رقم‌های فوق را به چهار گروه کلی زیر تقسیم نمود. به طور کلی رقم مارفونا که در یک گروه جداگانه قرار گرفت در بین ۸ رقم مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های ریشه، تجمع ماده خشک و جذب نیتروژن به عنوان مناسب‌ترین رقم شناخته شد در حالی که رقم‌های نویتا، اگریا، مارودانا و آریندا رقم‌های ضعیف تری بودند. تنوع دیده شده در ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه و جذب نیتروژن امکان شناسایی و استفاده از رقم‌هایی با سیستم ریشه‌ای قوی‌تر و قابلیت جذب بالاتر نیتروژن را به وسیله متخصصان اصلاح نبات فراهم می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: *جذب نیتروژن، سیب زمینی (Solanum tuberosum L.)، گروه‌بندی، ویژگی‌های ریشه*

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. دانشیار باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

مقدمه

سیب زمینی گیاهی با ریشه سطحی است که برای دستیابی به عملکرد بهینه، مقادیر بالایی نیتروژن نیاز دارد. بنابراین آب‌شویی نیترات به دلیل آبیاری‌های سنگین و بارندگی خصوصاً در خاک‌های درشت بافت زیاد بوده و باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات در مزارع این محصول می‌گردد (۷). یکی از راه‌کارهایی که امروزه نظر بسیاری از پژوهشگران را در جهت کاهش آب‌شویی نیترات از مزراع سیب زمینی به خود معطوف ساخته، انتخاب و استفاده از رقم‌هایی است که دارای کارآیی جذب بالاتر نیتروژن می‌باشند (۲۹).

اختلافات ژنتیکی در کارآیی مصرف عناصر برای تعدادی از عناصر و گونه های گیاهی شناخته شده است (۱۴). از جمله اختلافات معنی‌داری در کارآیی مصرف نیتروژن (مقدار عملکرد تولیدی در واحد نیتروژن مصرفی) رقم‌های تجاری سیب زمینی گزارش شده است (۶ و ۸). این اختلافات در کارآیی مصرف نیتروژن به اختلاف در کارآیی جذب نیتروژن (مقدار نیتروژن جذب شده در واحد نیتروژن مصرفی) و کارآیی استفاده نیتروژن (مقدار عملکرد تولیدی در واحد نیتروژن جذب شده به وسیله گیاه) نسبت داده شده است. کلینکف و همکاران (۱۲) در بررسی خود روی شش رقم تجاری سیب زمینی اختلاف معنی‌داری در کارآیی جذب نیتروژن مشاهده کردند و دریافتند که کارآیی جذب با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی کاهش می‌یابد. اساس فیزیولوژیکی این اختلافات در سیب زمینی هنوز به درستی شناخته نشده است. ویژگی‌های مرفولوژیک ریشه به‌ویژه برای جذب عناصر پر مصرفی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳). سلطانپور و کاردن (۲۲) گزارش کردند که کارایی جذب عنصر غذایی با حجم ریشه و در نتیجه با عملکرد گیاه رابطه مستقیم دارد. مطالعات آنها بر روی دو رقم سیب زمینی راست نُرکتا (Russet Norkotah) و راست ناگت (Russet Nugget) نشان داد که نیاز نیتروژنی رقم راست نورکوتا برای تولید عملکرد بهینه تقریباً دو برابر راست ناگت است. تحقیقات به عمل آمده نشان داد که طول ریشه راست نورکوتا تقریباً نصف راست ناگت است (۲۲). آزمایش‌های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای با سطوح مختلف کودهای نیتروژنه، رقم‌های سیب زمینی آسترید و بادنکرافت را به ترتیب بر اساس جذب نیتروژن به عنوان کارا و ناکارا تقسیم‌بندی کرد (۱۹). ستلمچر و همکاران (۱۹) اختلاف این دو رقم در جذب نیتروژن را به اختلاف در مرفولوژی ریشه نسبت دادند. ستلمچر و همکاران (۲۰) با بررسی ۳۶ هم‌گروه سیب زمینی نشان دادند که تنوع ژنتیکی وسیعی از لحاظ طول و تراکم طول ریشه بین این کلون‌ها وجود دارد. اربهی و همکاران (۶) تجمع ماده خشک و نیتروژن را شاخص‌های مناسبی برای تفکیک رقم‌های سیب زمینی از نظر جذب نیتروژن معرفی کردند و به دلیل هم‌بستگی بالای این دو صفت و راحت‌تر بودن اندازه‌گیری تجمع ماده خشک، آن را به عنوان شاخص اصلی تفکیک مورد استفاده قرار دادند.

بررسی ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه رقم‌های سیب زمینی از ابعاد مختلفی همچون کمک به بهبود روش‌های مدیریت زراعی، کودی و آبی (۲۶) و هم‌چنین بالا بردن کارایی جذب آب و عناصر غذایی (۲ و ۱۰) شایان توجه می‌باشد. اطلاعات زیادی در مورد تنوع ژنتیکی رقم‌های مختلف گونه‌های گیاهی (ذرت، یولاف و گندم) از نظر ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه و ارتباط آن با جذب نیتروژن موجود است ولی در مقایسه با سایر گیاهان اطلاعات محدودی در این رابطه برای رقم‌های سیب زمینی وجود دارد (۱۲). پژوهش حاضر با هدف تعیین و مقایسه ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه و جذب نیتروژن درتعدادی از رقم‌های رایج و جدید سیب زمینی در ایران صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

یک آزمایش گلخانه‌ای در سال ۱۳۸۰ به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با استفاده از هشت رقم سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. رقم‌های مورد استفاده عبارت بودند

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

از : آرینـــدا (Arinda)، اگریـــا (Agria)، پریمیـــر(Premiere)، دیامانـــــت (Diamant)، کنکـــــورد (Concorde)، مارفونـــــا (Marfona)، مارودانا (Marodana) و نویتا (Nevita). برای ایـن کار مقدار کافی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر سری لنجـان (fine loamy, mixed, thermic, Typic Torrifluvents) از حاشیه رودخانه زاینده‌رود در محل پارک ناژوان تهیه گردید کـه ویژگی‌های خاک مورد نظر در جدول ۱ آورده شده است. پـس از خشک شدن در هوا از الک ۶ میلی‌متری گذرانیده و حدود ۸ کیلوگرم آن داخل گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۵ سـانتی متر ریخته شد. غده‌های بذری سالم و عاری از ویـروس سـیب زمینی به وزن ۱۰±۶۰ گرم که از طریق سازمان کشاورزی استان اصفهان تهیه شده بود انتخاب گردیـد و سـپس بـرای شکسـتن خواب آنها، غده‌ها به مدت ۱ دقیقه در محلـول ۱ میلـی‌گـرم در لیتر جیبرلات سدیم قرار داده شد (۱) و تا شروع رشد جوانه‌هـا در جای خشک و تاریک نگه‌داری گردید. در هـر گلـدان یـک غده در عمق ۵ سانتی‌متر خاک کشـت شـد. کودهـای سـولفات پتاسیم، سولفات منگنز و سولفات روی به مقادیر توصیه شده به وسیله مؤسسه تحقیقات خاک و آب (به ترتیب معادل ۶۲، ۲۵ و ۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بـه صـورت محلـول و بعـد از کاشت به گلدان‌ها اضافه شد.

گلدان‌ها در فواصل زمانی مناسب توزین و رطوبـت خـاک به حد ظرفیت مزرعه رسانیده شد. در مـدت آزمـایش میـانگین دمای روزانه و شبانه به ترتیـب ۲۵ و ۱۸ درجـه سـانتی‌گـراد و رطوبـت نسـبی حـدود ۶۰ درصـد بـود. بـرای مبـارزه بـا کـرم کارادرینا، ۵۳ روز پس از کاشت سمپاشـی بـه وسـیله اکامـت ۱ درصد صورت گرفـت. گیاهـان در مرحلـه گـل‌دهـی برداشـت شدند. اندام هوایی، ریشه و غده‌ها جدا شده، وزن خشـک آنهـا پس از خشک کردن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گـراد بـه مـدت ۴۸ ساعت، تعیین شد (۲۸). قبل از خشک کردن، ریشه‌هـا بـه روش‌های شناورسازی، انتقال ملایم از ظرفی به ظرف دیگر و استفاده از انبرک از خاک و مواد آلی جدا شـدند و تـا قبـل از اندازه‌گیری در اتانول ۲۰ درصد و دمای ۴ درجه سـانتی‌گـراد نگه‌داری شدند (۲۱). سپس نمونه‌های ریشه در لایه نـازکی از آب در سینی مخصوص اندازه گیری ریشه بـا جـداره تحتـانی شفاف، کاملاً از هم مجزا شده و با استفاده از دستگاه دلتـا-ت اسـکن ایمـیج آنـالیز (Delta-T SCAN image analysis system) اسکن شده و با نرم‌افزار وین‌دیاس (Windias) طول ،سطح و قطر ریشه اندازه‌گیری شد. هـم‌چنـین تـراکم طـول ریشه از تقسیم طول ریشه به حجـم خـاک گلـدان و نسـبت ریشه به اندام هوایی از تقسیم طول ریشه به وزن اندام هوایی محاسـبه شـد. غلظـت نیتـروژن در گیـاه بـه وسـیله روش کلـدال (Kjeldahl) و با استفاده از دستگاه کجلتک (2300 Kjeltec Analyzer unite) انـدازه‌گیـری (۵) و تجمـع نیتـروژن در گیـاه (جـذب کـل نیتروژن) از حاصل‌ضرب وزن خشـک در غلظـت نیتـروژن محاسـبه شد. نیتروژن معدنی خاک (نیترات و آمونیوم) قبل از کاشت و پـس از برداشت به وسیله کلریـد پتاسـیم ۲ نرمـال عصـاره‌گیـری و بـا روش تقطیر(Steam distillation) اندازه‌گیری شد (۱۶).

تجزیه واریانس داده ها و هم‌بستگی ساده بین ویژگی‌هـای اندازه گیری شده بـا اسـتفاده از نـرم افـزار SAS انجـام شـد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصـد مقایسـه شدند. گروه‌بندی رقم‌ها (تجزیه خوشه‌ای) با استفاده از نرم‌افزار SPSS به روش وارد(Ward's method) بر اساس صـفات طـول ریشه، نسبت ریشه بـه انـدام هـوایی، تجمـع مـاده خشـک و تجمـع نیتروژن در گیاه که بین رقم‌ها اختلاف معنی‌دار داشتند، انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشـان مـی‌دهـد کـه در همه صفات به جز متوسط قطر ریشه و غلظت آمونیوم در خاک پس از برداشت، اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها وجـود دارد کـه حاکی از وجود تنوع بالا بـین رقـم‌هـای مـورد مطالعـه از نظـر صفات اندازه‌گیری شده بود.

ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه

دامنه تغییـرات طول ریشه (RL) بین ۰/۵ تا ۲/۹ کیلومتر در بوته

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از کاشت[1]

ویژگی‌های خاک	مقدار	واحد
pH	۷/۴	–
شن	۴۰۰	گرم در کیلوگرم خاک
سیلت	۳۲۰	گرم در کیلوگرم خاک
رس	۲۸۰	گرم در کیلوگرم خاک
مواد آلی	۲/۱	درصد
پتاسیم قابل دسترس	۲۸۰	میلی‌گرم در کیلوگرم
فسفر قابل دسترس	۷۵	میلی‌گرم در کیلوگرم
نیترات	۶۲/۹	میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم
آمونیوم	۳۴/۴	میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم
وزن مخصوص ظاهری	۱/۳۲	گرم بر سانتی‌متر مکعب

۱ . در این پژوهش اجزای بافت خاک با روش هیدرومتر، مواد آلی به روش بیکرمات (۲۷)، پتاسیم به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم مولار خنثی (۲۴) و فسفر به روش عصاره‌گیری با بی کربنات سدیم مولار با pH ۸/۵ (۱۷) اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. خلاصه تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات صفات[1]									
		RL	RLD	RSA	RDW	RAD	R/S	DMP	PNA	NO_3-N	NH_4-N
رقم	۷	۰/۱۱***	۴۶۸/۸***	۰/۸۸***	۰/۱۳۹*	۰/۰۰۰۵ns	۰/۱۶***	۶/۵***	۰/۰۰۱***	۴۹/۱۱***	۳۲۵/۳ns
خطا	۱۶	۱/۶۸	۳۱/۲	۷/۰۳	۰/۴۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲	۳۴۸/۸	۰/۰۴۲	۶/۶۶	۱۴۳/۹
ضریب تغییرات(٪)	-	۲۵/۸	۲۵/۸	۳۴/۹	۳۶/۹	۹/۴	۲۶/۵	۱۴/۰	۹/۱۱	۱۲/۱	۲۹/۷

*، ** و *** : به ترتیب نشانگر معنی دار بودن اختلاف در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ درصد می‌باشد.

ns : اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

۱. طول ریشه (RL)، تراکم طول ریشه (RLD)، سطح ریشه (RSA)، وزن خشک ریشه (RDW)، متوسط قطر ریشه (RAD)، نسبت ریشه به اندام هوایی (R/S)، ماده خشک تولیدی (DMP)، تجمع نیتروژن در گیاه (PNA)، غلظت نیترات در خاک پس از برداشت (NO_3-N) و غلظت آمونیوم در خاک پس از برداشت (NH_4-N)

(معادل ۱۰/۶ تا ۵۹/۲ کیلومتر بر متر مربع خاک) و تراکم طول ریشه (RLD) بین ۸/۶ تا ۴۸/۵ سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب خاک بود که پایین ترین مقدار این دو صفت مربوط به رقم نویتا و بالاترین مقدار مربوط به رقم مارفونا بود (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های کرخام و همکاران (۱۱) که حداکثر تراکم ریشه را در یک آزمایش گلدانی ۱۵ سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب گزارش نموده اند همخوانی داشت ولی در مقایسه با نتایج استالهام و آلن (۲۳) برای تعدادی از رقم‌های سیب زمینی در اروپا، لیزینسکی و تانر (۱۳) برای رقم راست بربانک و اسفری و همکاران (۲) برای رقم وانسا که طول ریشه را ۱۲ تا ۱۷ کیلومتر بر متر مربع و تراکم ریشه را ۱/۳ تا ۶ سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب در مزرعه و هنگام برداشت گزارش کرده‌اند،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

جدول ۳. میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده برای هشت رقم سیب زمینی[1]

رقم	ویژگی‌های اندازه‌گیری شده[2]									
	RL (km plant^{-1})	RLD (cm cm^{-3})	RSA (m^2 plant^{-1})	RDW (g plant^{-1})	RAD (mm)	R/S (km g^{-1})	DMP (g plant^{-1})	PNA (g plant^{-1})	NO_3-N (mg kg^{-1})	NH_4-N (mg kg^{-1})
آریندا	۰/۶۰۰^{d}	۱۰/۰۳^{cd}	۱/۱۸^{c}	۰/۵۷۳^{c}	۰/۲۲۷^{a}	۰/۱۱^{c}	۱۴/۷۴^{cd}	۰/۳۶۱^{c}	۲۵/۲۳^{a}	۲۸/۶۰^{a}
اگریا	۱/۰۳۰^{bcd}	۱۷/۲۱^{bcd}	۲/۱۴^{c}	۰/۷۶۰^{bc}	۰/۲۴۵^{a}	۰/۱۶^{c}	۸/۰۰^{e}	۰/۳۲۲^{c}	۱۸/۷۰^{b}	۳۵/۰۴^{a}
پریمبر	۱/۶۲۵^{b}	۲۷/۴۹^{b}	۴/۴۱^{ab}	۰/۸۷۰^{abc}	۰/۲۷۵^{a}	۰/۲۶^{ab}	۱۵/۷۸^{c}	۰/۳۶۲^{c}	۲۸/۲۸^{a}	۲۴/۴۲^{a}
دیامانت	۱/۳۷۰^{bc}	۲۲/۸۹^{bc}	۲/۹۷^{bc}	۱/۲۱۳^{ab}	۰/۲۵۵^{a}	۰/۱۹^{c}	۱۶/۳۶^{c}	۰/۴۷۷^{b}	۱۹/۳۶^{b}	۱۹/۸۵^{a}
کنکورد	۱/۳۴۳^{bc}	۲۲/۴۵^{bc}	۲/۵۸^{bc}	۱/۲۶۱^{abc}	۰/۲۳۳^{a}	۰/۲۱^{bc}	۳۷/۱۷^{a}	۰/۵۹۶^{a}	۱۶/۷۳^{b}	۱۰/۵۰^{ab}
مارفونا	۲/۹۰۳^{a}	۴۸/۵۱^{a}	۵/۶۳^{a}	۱/۵۶۰^{a}	۰/۲۴۷^{a}	۰/۳۱^{a}	۳۲/۲۳^{b}	۰/۶۰۶^{a}	۱۷/۳۲^{b}	۹/۶۵^{ab}
مرودانا	۰/۸۸۵^{cd}	۱۴/۷۹^{cd}	۱/۷۷^{c}	۱/۰۶۷^{abc}	۰/۲۲۰^{a}	۰/۱۳^{c}	۹/۳۳^{e}	۰/۳۰۶^{c}	۲۴/۴۱^{a}	۳۱/۳۵^{a}
نویتا	۰/۵۱۷^{d}	۸/۶۳^{d}	۱/۰۵^{c}	۰/۵۶۳^{c}	۰/۲۳۳^{a}	۰/۱۰^{c}	۱۰/۸۳^{de}	۰/۳۴۲^{c}	۱۹/۲۶^{b}	۳۰/۹۶^{a}
میانگین	۱	۲۱/۵	۳	۱	۰/۲۴	۰/۱۷	۱۸	۰/۴۲	۲۱	۲۴

۱. در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

۲. طول ریشه (RL)، تراکم طول ریشه (RLD)، سطح ریشه (RSA)، وزن خشک ریشه (RDW)، متوسط قطر ریشه (RAD)، نسبت ریشه به اندام هوایی (R/S)، ماده خشک تولیدی (DMP)، تجمع نیتروژن در گیاه (PNA)، غلظت نیترات در خاک پس از برداشت (NO_3-N) و غلظت آمونیوم در خاک پس از برداشت (NH_4-N).

بیشتر بود. احتمالاً این اختلاف به دلیل تفاوت ژنتیکی رقم‌ها، گلدانی بودن کشت و اختلاف در زمان برداشت می‌باشد. به‌طورکلی این مقادیر اغلب پایین‌تر از مقادیر گزارش شده برای غلات (۴) بوده و شاهدی بر ضعیف بودن نسبی سیستم ریشه‌ای سیب زمینی می‌باشد.

سطح ریشه (RSA) بین ۱/۰تا ۵/۶ متر مربع در بوته متغییر بود که روندی مانند طول ریشه داشته و کمترین مقدار آن مربوط به رقم نویتا و بیشترین مقدار آن مربوط به رقم مارفونا بود (جدول ۳). ستلمچر و همکاران (۱۹) سطح ریشه را ۲۰ روز پس از کاشت برای رقم آسترید ۵/۸ متر مربع در بوته و برای رقم بادنکرافت ۱/۷ متر مربع در بوته گزارش کردند.

وزن خشک ریشه (RDW) در رقم‌های مورد بررسی متفاوت بود و از حداقل، ۰/۵۶ گرم در بوته (معادل ۱۱/۴ گرم بر متر مربع) برای رقم نویتا تا حداکثر ۱/۵۶ گرم در بوته (معادل ۳۱/۸ گرم بر متر مربع) برای رقم مارفونا متغیر بود (جدول ۳). این آمار به وسیله سایر پژوهشگران ۲۶ تا ۱۶۰ گرم بر متر مربع گزارش شده است (۱۳، ۱۸ و ۲۶) که این تفاوت‌ها احتمالاً مربوط به نوع رقم، نحوه کاشت و زمان نمونه برداری می‌باشد.

میانگین قطر ریشه (RAD) برای رقم‌های مورد مطالعه ۰/۲۴ میلی‌متر بود و تفاوت معنی‌داری بین رقم‌های مورد مطالعه از نظر متوسط قطر ریشه دیده نشد (جدول ۳). مطالعات لیزینسکی و تانر (۱۳) نشان داد که بخش عمده ریشه‌های سیب زمینی رقم راست بربانک دارای متوسط قطری کمتر از ۰/۲ میلی‌متر هستند و فقط ۲۰ درصد ریشه‌ها دارای قطری بیشتر از ۰/۵ میلی‌متر می‌باشند. ووس و گروئنولد (۲۶) در مطالعه‌ای روی سیب زمینی رقم بینتج در هلند اظهار داشتند که بیشترین فراوانی ریشه مربوط به ریشه‌هایی با قطر ۰/۱۲ تا ۰/۲ میلی‌متر است.

حداکثر و حداقل نسبت ریشه به اندام هوایی (R/S) به ترتیب در رقم‌های مارفونا و نویتا دیده شد که به ترتیب معادل ۰/۳۱و ۰/۱۰ کیلومتر بر گرم مشاهده شد (جدول ۳). ترهان و کلاسن (۲۵) نیز در رقم گرانولا این نسبت را ۰/۳۱ کیلومتر بر گرم گزارش کردند. یکی از سازوکارهای مورد استفاده گیاهان برای جذب مقدار کافی عنصر غذایی در شرایط کمبود، افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی می‌باشد. این نسبت بیانگر توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی در شرایط محدودیت عنصر غذایی در خاک می‌باشد (۱۰). بنابراین در این بررسی به ترتیب رقم‌های مارفونا، پریمیر و کنکورد از این نظر ارجحیت دارند.

بررسی هم‌بستگی بین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که ضریب هم‌بستگی بین طول و سطح ریشه برابر ۰/۹۵ و ضریب هم‌بستگی بین وزن ریشه با طول و سطح ریشه به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۸۲ می‌باشد (جدول ۴). هم‌چنین یک رابطه خطی معنی‌دار بین وزن خشک و طول ریشه با ضریب تبیین ۰/۸۰ به دست آمد (شکل ۱). بنابراین در مواردی که محدودیت وسایل اندازه‌گیری، نیروی کار و زمان به ما امکان اندازه‌گیری طول ریشه را نمی‌دهد، وزن خشک ریشه تخمین مناسبی از طول ریشه به دست می‌دهد. استالهام و آلن (۲۳) نیز در تعدادی از رقم‌های سیب زمینی اروپایی یک رابطه خطی با ضریب تبیین ۰/۹۴ بین وزن و طول ریشه گزارش کردند. هم‌چنین لیزینسکی و تانر (۱۳) برای رقم راست بربانک رابطه خطی با ضریب تبیین ۰/۹۳ بین وزن و طول ریشه به دست آوردند.

با در نظر گرفتن ویژگی‌های ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی به نظر می‌رسد رقم‌های مارفونا، پریمیر، کنکورد و دیامانت دارای سیستم ریشه‌ای قوی‌تری نسبت به سایر رقم‌ها هستند. بنابراین این رقم‌ها احتمالاً از نظر جذب عناصر غذایی و آب کاراتر بوده و احتمالاً این امر یکی از دلایل موفقیت بیشتر رقم‌های مارفونا، کنکورد و دیامانت نسبت به سایر رقم‌های سیب زمینی میان رس در کشور می‌باشد. این رقم‌ها بخش عمده‌ای از سطح زیر کشت رقم‌های میان رس سیب زمینی را به خود اختصاص داده‌اند.

تجمع ماده خشک و نیتروژن

بیشترین مقدارتجمع ماده خشک (DMP) در رقم کنکورد با ۳۷/۱۷ گرم در بوته و پس از آن در رقم مارفونا با ۳۲/۲۳ گرم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

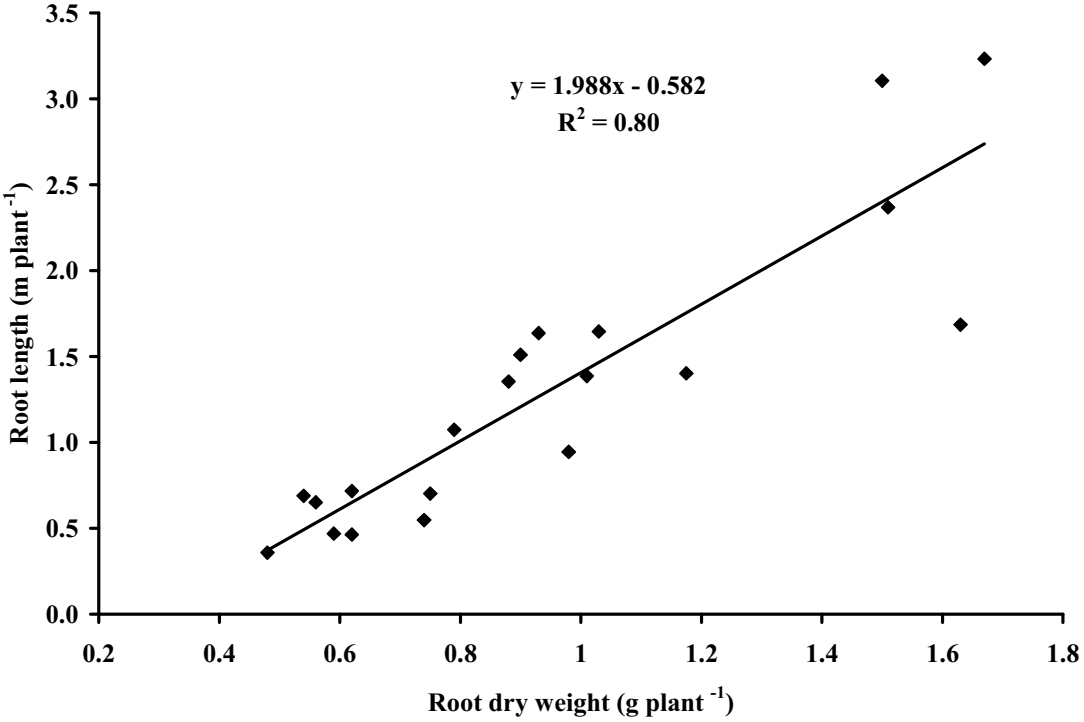
جدول ۴. هم بستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در ۸ رقم سیب زمینی

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده[۱]	DMP	PNA	RDW	NO_4^+	NO_3^-	R/S	RAD	RSA	RL
RL	۰/۶۰**	۰/۶۹***	۰/۹۰***	-۰/۰۶ns	-۰/۲۵ns	۰/۹۱***	۰/۳۸ns	۰/۹۵***	۱
RSA	۰/۵۰*	۰/۵۸**	۰/۸۲***	-۰/۰۷ns	-۰/۰۸ns	۰/۹۳***	۰/۵۸**	۱	
RAD	۰/۰۱ns	۰/۰۵ns	۰/۲۱ns	۰/۲۰ns	۰/۱۱ns	۰/۵۵**	۱		
R/S	۰/۳۱ns	۰/۴۱ns	۰/۶۹***	-۰/۰۳ns	۰/۰۱ns	۱			
NO_3^-	-۰/۴۵*	-۰/۵۲*	-۰/۴۲ns	-۰/۲۵ns	۱				
NO_4^+	-۰/۲۷ns	-۰/۲۶ns	-۰/۲۴ns	۱					
RDW	۰/۶۴***	۰/۸۶***	۱						
PNA	۰/۹۳***	۱							
DMP	۱								

*، ** و *** : به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ درصد می‌باشد.

ns : اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

۱. طول ریشه (RL)، سطح ریشه (RSA)، وزن خشک ریشه (RDW)، متوسط قطر ریشه (RAD)، نسبت ریشه به اندام هوایی (R/S)، ماده خشک تولیدی(DMP)، تجمع نیتروژن در گیاه(PNA)، غلظت نیترات در خاک پس از برداشت (NO_3^-) و غلظت آمونیوم در خاک پس از برداشت (NH_4^+)



شکل ۱. رابطه بین وزن خشک ریشه و طول ریشه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

در بوته اندازه‌گیری شد (جدول ۳). رقم‌های اگریا، مارودانا و نویتا به ترتیب با ۸/۰۰، ۹/۳۳ و ۱۰/۸۳ گرم در بوته تجمع ماده خشک پایینی داشتند. بنابراین دامنه وسیعی از تغییرات تجمع ماده خشک بین رقم‌ها دیده شد که بخشی از این اختلاف مربوط به ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه بود زیرا هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین تجمع ماده خشک و ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه (طول، سطح و وزن ریشه) به دست آمد (جدول ۴). گزارش‌های بسیاری در ارتباط با اهمیت گسترش سیستم ریشه‌ای در دست‌یابی به عملکرد بالا در سیب زمینی وجود دارد (۹). علاوه بر آن احتمالاً بخشی از تفاوت در تجمع ماده خشک در رقم‌های مختلف مربوط به تفاوت در زمان تشکیل غده می‌باشد. به دلیل این‌که برداشت در زمان گل‌دهی صورت گرفت و غده‌ها در مراحل اولیه رشد بودند وزن خشک کمتری نسبت به حدود گزارش شده به وسیله سایر محققین به دست آمد. برای نمونه اربهی و همکاران (۸) در مطالعه ۱۸ رقم سیب زمینی، مقادیر وزن خشک را بدون مصرف کود نیتروژن بین ۷/۶ و ۸۱/۵گرم در بوته و با مصرف کود نیتروژنه بین ۱۴/۳۳ تا ۱۷۰/۱۷ گرم در بوته گزارش کردند. آنان این دامنه وسیع را نیز به تفاوت ژنتیکی رقم‌ها در تولید ماده خشک و پاسخ به مصرف نیتروژن نسبت دادند.

از نظر تجمع نیتروژن در گیاه (PNA) دو رقم مارفونا و کنکورد دارای تجمع نیتروژن بالا بودند (جدول ۳) که احتمالاً به دلیل تجمع ماده خشک و طول ریشه بالاتر این رقم‌ها می‌باشد زیرا تجمع نیتروژن در گیاه هم‌بستگی بالایی با تجمع ماده خشک (ضریب هم‌بستگی معادل ۰/۹۳) و طول ریشه (ضریب هم‌بستگی معادل ۰/۶۹) داشت (جدول ۴). محققین دیگری نیز رابطه تجمع نیتروژن و تجمع ماده خشک در گیاه را متذکر شده‌اند (۱۵). در این پژوهش بررسی رگرسیون بین این دو صفت نشان دهنده وجود یک رابطه خطی بین این دو صفت با ضریب تبیین ۰/۸۷ بود (شکل ۲). بنابراین با اندازه‌گیری تجمع ماده خشک در گیاه می‌توان تخمین مناسبی از تجمع نیتروژن در گیاه داشت. اربهی و همکاران (۶) یک رابطه خطی (ضریب تبیین معادل ۰/۹۴) و زیبارت و همکاران (۲۹) یک رابطه درجه دو (Curvi linear) (ضریب تبیین معادل ۰/۸۳) بین تجمع ماده خشک و تجمع نیتروژن در گیاه گزارش کردند. تجمع نیتروژن در گیاه هم‌چنین هم‌بستگی معنی‌داری با طول ریشه، سطح ریشه و وزن ریشه داشت (جدول ۴) که بیانگر اهمیت سیستم ریشه‌ای در جذب نیتروژن می‌باشد. پژوهشگران بسیاری نیز بر اهمیت ویژگی‌های مرفولوژیکی ریشه و گسترش سیستم ریشه‌ای بر جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأکید کرده‌اند (۳). هم‌چنین ستلمچر و همکاران (۱۹) کارایی بالاتر رقم آسترید در جذب نیتروژن نسبت به رقم بادنکرافت را به سیستم ریشه‌ای قوی‌تر آسترید نسبت دادند. زیبارت و همکاران (۲۹) توصیه کردند در مواردی که انتخاب رقم‌های سیب زمینی برای کاهش آب‌شویی نیترات صورت می‌گیرد بهتر است رقم‌هایی انتخاب شوند که دارای قابلیت بیشتر تجمع نیتروژن در حضور مقادیر متنابهی نیتروژن خاک باشند.

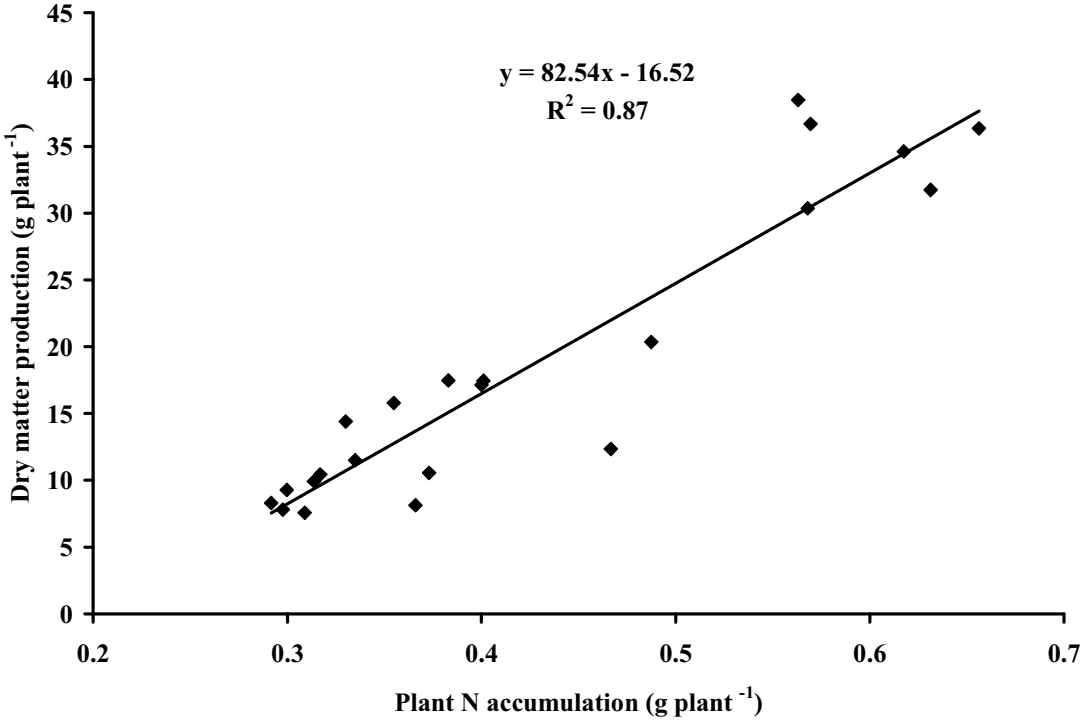
نیتروژن معدنی باقی مانده در خاک

مقدار نیترات باقی‌مانده پس از برداشت محصول یکی از شاخص‌های جذب نیتروژن از خاک به وسیله گیاه می باشد (۲۹). رقم‌های کنکورد و مارفونا به ترتیب دارای مقادیر پایین نیترات باقی‌مانده در خاک پس از برداشت بودند. در حالی که برای رقم‌های پریمیر، آریندا و مارودانا مقدار نیترات باقی‌مانده در خاک پس از برداشت بالا بود (جدول ۳). زیبارت و همکاران (۲۹)، در مقایسه کارایی مصرف نیتروژن برای تعدادی از رقم‌های تجاری سیب زمینی مقادیر کم نیترات باقی‌مانده در خاک پس از برداشت را به کارایی بالاتر رقم‌های ردپونتیاک، ماندیال، بینتج و شپدی در جذب نیتروژن از خاک نسبت دادند. در شرایط این مطالعه هم‌بستگی منفی بالا بین غلظت نیترات باقی‌مانده در خاک و تجمع ماده خشک و نیتروژن در گیاه (جدول ۴) تایید کننده این مطلب می‌باشد.

به طور کلی مقادیر نیترات اولیه در خاک مورد بررسی بسیار بالا بود (جدول ۱) که به دلیل مصرف بی رویه کودهای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]



شکل۲. رابطه بین تجمع نیتروژن در گیاه (PNA) و تجمع ماده خشک در گیاه (DMP)

نیتروژنه در خاک‌های حاشیه رودخانه زاینده رود می‌باشد. غلظت مناسب نیترات در خاک بین ۲۰ تا ۳۰ میلی‌گرم نیترات در کیلوگرم خاک گزارش شده است. غلظت آمونیوم باقی مانده در خاک پس از برداشت، اختلاف معنی‌داری بین رقم‌های مختلف نشان نداد.

همان‌طور که ذکر شد تجمع ماده خشک و تجمع نیتروژن در گیاه دارای هم‌بستگی منفی با غلظت نیترات باقی‌مانده در خاک پس از برداشت بودند (جدول ۴) که نشان می‌دهد هر چه تجمع ماده خشک و نیتروژن در گیاه افزایش یافته است نیتروژن بیشتری از خاک جذب شده است.

گروه‌بندی توده‌ها (تجزیه خوشه‌ای)

تجزیه خوشه‌ای بر اساس ۴ صفت اصلی (طول ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، تجمع ماده خشک و تجمع نیتروژن در گیاه) که اختلاف معنی‌داری را نشان دادند، رقم‌های مورد مطالعه را به چهار گروه مجزا در فاصله مقیاس تغییر یافته۶/۲ تفکیک نمود (شکل۳). خوشه‌های C1 تا C4 به ترتیب شامل چهار رقم (نویتا، آریندا، اگریا و مارودانا)، دو رقم (پریمیر و دیامانت)، یک رقم (مارفونا) و یک رقم (کنکورد) شدند. مقایسه میانگین گروه‌ها از نظر صفات فوق (جدول۵) نشان داد که رقم‌های گروه C1 هم از نظر سیستم ریشه‌ای و هم از نظر تولید ماده خشک ضعیف بودند. رقم‌های گروه C2 رقم‌هایی هستند که از نظر سیستم ریشه‌ای نسبتاً قوی ولی تولید ماده خشک کمتری داشتند. رقم‌های گروه‌های C3 و C4 هر دو ماده خشک بالایی تولید نموده بودند که گروه C3 دارای سیستم ریشه‌ای قوی و گروه C4 دارای سیستم ریشه‌ای نسبتاً ضعیف‌تری بود. تولید ماده خشک بالا علی‌رغم سیستم ریشه‌ای نسبتاً ضعیف (گروه C4)، احتمالاً به دلیل سرعت جذب بالاتر در واحد طول ریشه، محدود کننده نبودن غلظت نیتروژن در خاک و یا بالاتر بودن کارایی استفاده (Utilization efficiency) گیاه یعنی مقدار تجمع ماده خشک در واحد نیتروژن مصرفی بوده است.

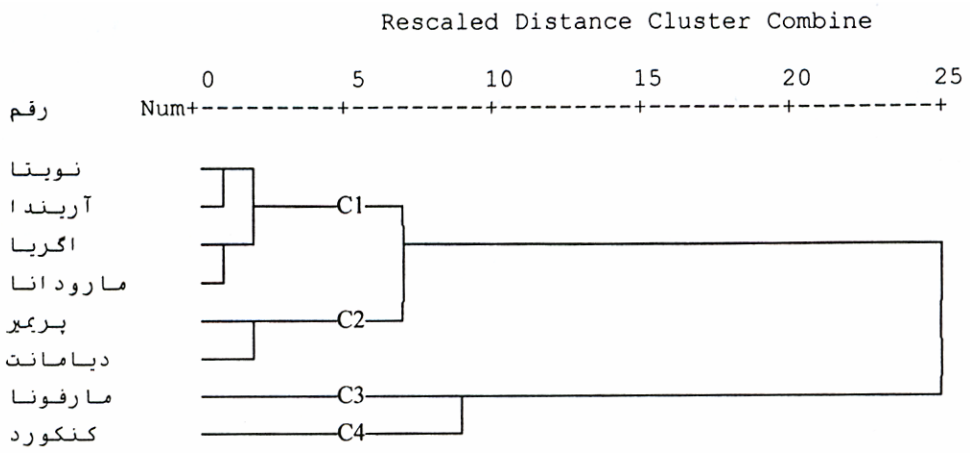
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده بین گروه‌ها [۱]

گروه‌ها	ویژگی‌های اندازه‌گیری شده			
	طول ریشه	نسبت ریشه به اندام هوایی	تجمع ماده خشک	تجمع نیتروژن
۱	۰/۷۶^{b}	۰/۱۲^{b}	۱۰/۷۳^{b}	۰/۳۳^{b}
۲	۱/۵۱^{b}	۰/۲۲^{ab}	۱۶/۰۷^{b}	۰/۴۲^{b}
۳	۲/۹۰^{a}	۰/۳۱^{a}	۳۲/۲۳^{a}	۰/۶۱^{a}
۴	۱/۳۴^{b}	۰/۱۲^{b}	۳۷/۱۷^{a}	۰/۶۰^{a}

۱ . در هر ستون برای گروه‌های ۱تا ۴ اعدادی که دارای حروف یکسان هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD تفاوتی ندارند.



شکل ۳. دندروگرام گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای رقم‌های سیب زمینی مورد مطالعه با استفاده از روش وارد

نتیجه‌گیری

۱. نتایج به دست آمده بیانگر وجود تنوع قابل ملاحظه رقم‌ها از لحاظ ویژگی‌های مرفولوژیک ریشه به جز متوسط قطر ریشه و هم‌چنین تجمع ماده خشک و نیتروژن در گیاه است. رابطه به دست آمده بین تجمع نیتروژن و ویژگی‌های ریشه نشانگر اهمیت سیستم ریشه در جذب نیتروژن از خاک است. هم‌چنین تجمع نیتروژن در گیاه دارای رابطه مثبت و قوی با تجمع ماده خشک بود. بنا براین احتمالاً جذب نیتروژن تحت تأثیر اندازه سیستم ریشه‌ای، سرعت رشد و تجمع ماده خشک بوده است.

۲. با توجه به ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از جمله تولید ماده خشک، جذب نیتروژن و مرفولوژی ریشه، مارفونا و کنکورد به عنوان رقم‌های مناسب شناخته شد. بنابراین در صورتی که این رقم‌ها از نظر سایر ویژگی‌های نیز مناسب باشد، کاشت آنها دارای ارجحیت نسبی در منطقه است در حالی که رقم‌های نویتا، اگریا، مارودانا و آریندا رقم‌های ضعیف‌تری بودند. توصیه می‌شود این آزمایش در خاک‌های مختلف و غلظت‌های مختلف نیتروژن انجام شود.

۳. غلظت نیترات باقی‌مانده در خاک پس از برداشت در ۲ رقم کنکورد و مارفونا کمتر بود بنابراین احتمالاً خطر آب‌شویی نیترات در مزارع این رقم‌ها کمتر می‌باشد.

۴. با توجه به نقش اساسی ریشه‌ها در جذب عناصر غذایی و آب از خاک، هم‌چنین ضعیف و سطحی بودن سیستم ریشه‌ای سیب زمینی و رابطه ریشه و عملکرد غده سیب

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

زمینی، شناسایی و استفاده از رقم‌هایی بـا سیسـتم ریشـه‌ای قوی‌تر و کارایی جذب بالاتر نیتروژن می‌تواند از جنبه‌هـای اقتصادی، زیست محیطـی و مـدیریت کشـت خصوصـاً در مناطق خشک و نیمه خشک حائز اهمیت زیاد باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از آقای مهندس ابراهیمی (سازمان کشاورزی اسـتان اصفهان) که زحمت تهیه غده‌های عاری از ویروس را بر عهـده داشـتند و هـم‌چنـین کارکنـان گلخانـه تحقیقـاتی و آزمایشـگاه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان صمیمانه تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. مبلی، م. و ب. پیراسته. ۱۳۷۳. *تولید سبزی* (ترجمه). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، تهران.

2. Asfary, A. F., A. Wild and P. M. Harris. 1983. Growth, mineral nutrition and water use by potato crops. J. Agric. Sci. 100: 87-91.
3. Barley, K. P. 1970. The configuration of the root system in relation to nutrient uptake. Adv. Agron. 22: 159-201.
4. Barraclough, P. B. and A. H. Weir. 1988. Effects of a compacted subsoil layer on shoot and root growth, water use and nutrient uptake of winter wheat. J. Agric. Sci. 110: 207-216.
5. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-Total. PP. 1085-1121. *In*: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Soceity of America Book Series Number 5. American Society of Agronomy, Madison, WI.
6. Errebhi, M., C. J. Rosen, F. I. Lauer, M. W. Martin, J. B. Bamberg and D. E. Birong. 1998a. Screening of exotic potato germplasm for nitrogen uptake and biomass production Am. J. Potato Res. 75: 93-100.
7. Errebhi, M., C. J. Rosen, S. C. Gupta and D. E. Birong. 1998b. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. Agron. J. 90: 10-15.
8. Errebhi, M., C. J. Rosen, F. I. Lauer, M. W. Martin and J. B. Bamberg. 1999. Evaluation of tuber-bearing *Solanum* species for nitrogen use efficiency and biomass partitioning. Am. J. Potato Res. 76: 143-151.
9. Iwama, K., K. Nakaseko, K. Gotoh and Y. Nishibe. 1981. Responses of potato root systems to levels of fertilizer and shading treatment. Mem. Fac. Agric. 12: 176-182.
10. Jungk, A. and N. Claassen. 1997. Ion diffusion in the soil-root system. Adv. Agron. 61: 53-110.
11. Kirkham, M. B., D. R. Keeney and W. R. Gardner. 1974. Uptake of water and labeled nitrate of different depths in the root zone of potato plants grown on a sandy soil. Agro-Ecos. 1: 31-44.
12. Kleinkopf, G. E., D. T. Westermann and R. B. Dwelle. 1981. Dry matter production and nitrogen utilization by six potato cultivars. Agron. J. 73: 799-802.
13. Lesczynski, D. B. and C. B. Tanner. 1976. Seasonal variation in root distribution of irrigated field-grown 'Russet Burbank' potatoes. Am. Potato. J. 53: 69-78.
14. Marshner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press, San Diego, CA.
15. Millard, P., D. Robinson and L. A. Mackie-Dawson. 1989. Nitrogen partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant in relation to nitrogen supply. Ann. Bot. 63: 289-296.
16. Mulvaney, R. L. 1996. Nitrogen-Inorganic Forms. PP. 1123-1200. *In*: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Soceity of America Book Series Number 5. American Society of Agronomy, Madison, WI.
17. Olsen, S. R. and L. A. Deans. 1965. Phosphorus. PP. 1035- 1099. *In:* C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
18. Opena, G. B. and G. A. Porter. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: II Root growth. Agron. J. 91: 426-431.
19. Sattelmacher, B., F. Klotz and H. Marschner. 1989. Influence of the nitrogen level on root growth and morphology of two potato varieties differing in nitrogen acquisition. Plant Soil 123: 131-137.
20. Sattelmacher, B., R. Kuene, P. Malagamba and U. Moreno. 1990. Evaluation of tuber bearing *Solanum* species belonging to different ploidy levels for its yielding potential at low soil fertility. Plant Soil 129: 227-223.
21. Smit, A. L., A. G. Bengough, C. Engels, M. van Noordwijk, S. Pllerin and S. C. van de Geijn. 2000. Root Methods (A Handbook). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]

22. Soltanpour, P. N. and G. Cardon. 2001. Intraction of root characteristics and N requirements. pp.4. *In*: Nutrient Management and Water Qulity Colorado Report. Western Coordinating Committee, 103 Annual Meeting Report(WCC-103). Canada.
23. Stalham, M. A. and E. J. Allen. 2001. Effect of variety, irrigation regime and planting date on depth, rate, duration and density of root growth in the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop. J. Agric. Sci. Camb. 137: 251-270.
24. Thomas, G. W. 1982. Exchangeable Cations. PP. 159- 165. *In:* A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed., Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
25. Trehan, S. P. and N. Claassen. 1998. External K requirement of young plants of potato, sugarbeet and wheat in flowing solution culture resulting from different internal requirements and uptake efficiency. Potato Res. 41:229- 237.
26. Vos, J. and J. Groenwold. 1986. Root growth of potato crops on a marine-clay soil. Plant Soil 94:17-33.
27. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.
28. Westerman, R. L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 3rd ed., SSSA, Madison, WI.
29. Zebarth, B. J., G. Tai, R. Tarn, H. de Jong and P. H. Milburn. 2004. Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. Can. J. Plant Sci. 84: 589-598.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.14.7]