Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 3, Autumn 2021 (129-145)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020.299104.654698

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۰ (ص۱۴۵-۱۲۹)

بررسی اثرات کود اوره و مرغی بر رشد، عملکرد و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در سیب‌زمینی در دو منطقه لرستان

محمد آصفی[۱]، محمود خرمی‌وفا*[۲]، احمد اسماعیلی[۳]، محسن سعیدی[٤]
۱و۲و٤- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری، استادیار و دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی،
۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۳)

چکیده

افزایش تولید جهانی غذا، با افزایش مصرف کود نیتروژن و در پی آن با مخاطراتی چون تجمع نیترات، آلودگی منابع آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه بوده است. به نظر می‌رسد که کود مرغی به خاطر سرعت مطلوب در معدنی شدن و غنی بودن ازنظر نیتروژن، جایگزین مناسبی برای کودهای نیتروژنی در کشت و کار سیب‌زمینی باشد. به همین منظور، دو آزمایش در قالب بلوک‌های تصادفی با ۱۱ تیمار (شامل تأمین نیتروژن از منبع کودی اوره و کود مرغی به همراه شاهد) در سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۹٤ در دو منطقه ازنا و خرم‌آباد روی سیب‌زمینی رقم بانبا اجرا شد. بر اساس نتایج آزمایش، میانگین عملکرد غده در منطقه خرم‌آباد (٤۳/۷ تن در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه ازنا (۳۸/۹ تن در هکتار) بود. این اختلاف را می‌توان به تفاوت دوره رشد در دو منطقه خرم‌آباد و ازنا (به ترتیب ۱۱٤ و ۱٤۷ روز) نسبت داد. گرچه در هر دو منطقه، بیشترین عملکرد غده با مصرف ۷۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به دست آمد، ولی با کاربرد ۱۰ تن کود مرغی در هکتار نیز عملکردهایی نزدیک به مصرف کود شیمیایی به‌ویژه در منطقه ازنا به دست آمد. هرچند بر اساس نتایج این آزمایش، کارایی زراعی مصرف نیتروژن در کود اوره، بیشتر از کود مرغی بود، اما با توجه به وجود اختلاف اندک در عملکردهای به‌دست‌آمده در بین دو نوع منبع نیتروژن، می‌توان دریافت که جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی به‌منظور دستیابی به امنیت غذایی و یک زنجیره غذایی کارآمد و پایدار، منطقی است.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، سیب‌زمینی، کود آلی، لرستان، مراحل رشدی.

Urea fertilizer and poultry manure effects on potato growth, agronomic nitrogen use efficiency and yield in two regions of Lorestan province

Mohmmad Asefi[1], Mahmud Khoramivafa*[2], Ahmad Ismaili[3], Mohsen Saeidi[4]
1,2,4. Department of Production Engineering and Plant Genetics, Razi University, Iran. 3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran.
(Received: March 9, 2020 - Accepted: August 17, 2020)

ABSTRACT

Increased global food production has been associated with increased nitrogen fertilizer application, followed by risks such as nitrate accumulation, water resources pollution, and greenhouse gas emissions. It seems that poultry manure is a suitable case for replacing chemical fertilizers in potato cultivation due to high mineralization rate and micro nutrients. For this reason, two field experiments were carried out based on CRD with 11 treatments in three replications at two sites, Azna and Khoramabad in Lorestan province at 2016 on potato (Banba cultivar). Treatments included nitrogen resource from urea fertilizer and poultry manure along with control. According to results of the experiment, mean tuber yield in Khoramabad (43.7 $t.ha^{-1}$) was higher than Azna (38.9 $t.ha^{-1}$). This difference can be attributed to the different growth period in the two locations (Khorramabad and Azna, 114 and 147 days, respectively). Although in both locations, the highest tuber yield was obtained with the application of 700 $kg.ha^{-1}$ urea, application of 10 $t.ha^{-1}$ poultry manure resulted in yield approximate to the use of chemical fertilizers, especially in Azna region.However, the results of this experiment showed that agronomic nitrogen use efficiency in urea fertilizer was higher than poultry manure, due to the slight differences in yields between the two types of nitrogen sources, it can be concluded that replacement of chemical fertilizers with organic fertilizers to achieve food security and an efficient and sustainable food chain, is reasonable.

Keywords: Climate, growth stages, Lorestan province, organic fertilizer; potato.

*Corresponding author E-mail: khoramivafa@razi.ac.ir

مقدمه

سیب‌زمینی یکی از ۱۴۰ گونه متعلق به جنس *Solanum* است که به دلیل نقش پررنگ آن در رفع بحران‌های جهانی مانند گرسنگی و فقر، از آن به‌عنوان جواهر پنهان یاد می‌شود . طبق آخرین آمار دفتر سبزی و صیفی وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید سیب‌زمینی در ایران در سال ۱۳۹۵ نزدیک به پنج میلیون تن در سال بوده است (Anonymous, 2016)؛ با این حال، تولید اقتصادی سیب‌زمینی، به مصرف مقادیر بالایی از نیتروژن نیاز دارد که با توجه به آبیاری‌های فراوان در زراعت سیب‌زمینی و استعداد آبشویی نیترات، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات در مزارع زیر کشت این محصول و یا انباشت آن در اندام‌های خوراکی، قابل پیش‌بینی است (Sharifi *et al*., 2005). در این ارتباط گزارش شده است که ۹۷ درصد ورود نیترات به بدن انسان، از طریق سبزی‌ها صورت می‌گیرد که ۳۲ درصد از این مقدار، سهم مصرف سیب‌زمینی است (Gorenjak *et al*., 2013).

در یکی دو دهه اخیر، دو برابر شدن تولید جهانی غذا با هفت برابر شدن مصرف کود نیتروژن همراه بوده است (Hirel *et al*., 2007). مصرف فراوان نیتروژن به یکی از بزرگ‌ترین عوامل کاهش تنوع و نقش کارکردی اکوسیستم‌ها تبدیل شده است. از پیامدهای مصرف روز افزون نیتروژن در بوم نظام‌های زراعی، می‌توان به پدیده غنی شدن و آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی و یا انتشار ترکیبات گازی اکسید نیتروژن و گازهای سمی آمونیاکی به اتمسفر اشاره کرد (Hirel *et al*., 2007). تقاضای رو به افزایش کود نیتروژن، علاوه بر پیامدهای سنگین زیست محیطی یاد شده، انباشت نیترات در اندام‌های خوراکی گیاهان را نیز به همراه داشته است (Ladha *et al*., 2005). نیترات پس از تبدیل شدن به نیتریت، باعث بروز بیماری مت‌هموگلوبینی و در نتیجه کمبود اکسیژن در بدن می‌شود. در این ارتباط، شیرخواران در معرض خطر بیشتری قرار دارند، زیرا بالا بودن pH شیره معده آن‌ها، محیط مناسبی را برای رشد باکتری‌های تبدیل‌کننده نیترات به نیتریت فراهم می‌کند. همچنین سرطان‌زایی نیتروز آمین‌ها تولید شده از نیترات و همچنین ناهنجاری‌های مادرزادی در کودکانی که غلظت نیترات آب آشامیدنی مصرفی مادرانشان در دوران بارداری بالا بوده، به اثبات رسیده است (Gorenjak *et al*., 2013).

این نگرانی‌های زیست‌محیطی و بهداشتی سبب شده است که برای تأمین نیاز نیتروژن گیاهان، موضوع استفاده کارآمدتر از منابع شیمیایی نیتروژن و یا تأمین آن از طریق کودهای غیر شیمیایی مورد توجه بیشتری قرار گیرد. کودهای آلی در مقایسه با کودهای معدنی، رهاسازی نیتروژن را به‌صورت تدریجی برای تغذیه گیاه انجام می‌دهند که این امر، از تجمع بیش از حد نیترات در غده‌های سیب‌زمینی جلوگیری به عمل می‌آورد (Saeidi *et al*., 2009). با این‌حال برای جایگزینی کودهای شیمیایی، به منبعی از کود آلی نیاز است که سرعت معدنی شدن مطلوبی داشته و از نظر عناصر میکرو و ماکرو نیز غنی باشد. در این رابطه به نظر می‌رسد کود مرغی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در کشت و کار سیب‌زمینی باشد (Oustani *et al*., 2015). علاوه بر این، مدیریت نیتروژن در سیب¬زمینی، هم از نقطه نظر تولید و هم از نظر محیطی، با اهمیت است. کمبود نیتروژن، عملکرد را محدود می¬کند، درحالی‌که نیتروژن بیش از اندازه نیز آبشویی شده و وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود (Ghosh, 2017).

در رابطه با امکان استفاده از کود مرغی یا سایر کودهای آلی به‌صورت خالص یا ترکیب با کودهای شیمیایی و تولید عملکرد مناسب غده سیب‌زمینی و یا کاهش کودهای شیمیایی، کارهای پژوهشی گوناگونی انجام شده است. برای نمونه در بررسی تنش کم‌آبی و کود مرغی بر عملکرد سیب‌زمینی مشاهده شد که بیشترین عملکرد غده (۲۵/۰۹ تن در هکتار)، از ترکیب کود مرغی و کود نیتروژنی بوده به دست آمد (Afshar *et al*., 2011). همچنین در بررسی اثر کودهای آلی بر عملکرد غده سیب‌زمینی نشان داده شد که مصرف ورمی‌کمپوست (۳/۵ تن در هکتار) می‌تواند میزان مصرف کود شیمیایی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد

(Monaghash *et al*., 2015). در آزمایشی دیگر مشاهده شد که مصرف کود مرغی به‌طور متوسط، ۱۳ تا ۱۷ درصد عملکرد سیب‌زمینی را افزایش داد (Rees *et al*., 2014). در بررسی تأثیر دوغاب زیستی کود مرغی به‌عنوان منبع کود آلی در کشت سیب‌زمینی مشاهده شد که عملکرد غده‌ها به‌طور معنی‌داری با مصرف سه تن در هکتار دوغاب زیستی افزایش یافت (Rahman *et al*., 2011). مصرف ۱۰ و ۲۵ تن در هکتار کمپوست کود مرغی و دامی در مدت سه سال، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشید و عملکرد سیب‌زمینی را تا ۶۰ درصد افزایش داد (Setiyo *et al*., 2016). در آزمایشی دیگر، مصرف صفر، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ تن در هکتار کود مرغی در سه منطقه نشان داد که بیشترین میزان عملکرد غده (۴۴/۵۵ تن در هکتار)، با مصرف ۶۰ تن در هکتار کود مرغی به دست آمد (Oustani *et al*., 2015).

هدف از اجرای این آزمایش، بررسی امکان کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن و یا جایگزینی آن با کود مرغی و تأثیر آن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در شرایط اقلیمی متفاوت بود. بی‌شک مشخص کردن نقش مدیریت کود نیتروژن و همچنین شرایط اقلیمی بر میزان نیترات، اقدامی مهم در جهت بهبود بازار سیب‌زمینی و سلامت جامعه خواهد بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۵- ۹۴ در دو منطقه از استان لرستان شامل ازنا (49° E 25، 33° N 27 ارتفاع از سطح دریا: ۱۸۷۲، میانگین سالیانه بارندگی ۴۱۱/۶ میلی‌متر) و خرم‌آباد (48° E 17، 33° N 26 ارتفاع از سطح دریا: ۱۱۵۵ متر، میانگین سالیانه بارندگی: ۵۰۰/۱ میلی‌متر) اجرا شد. بر اساس طبقه‌بندی دکتر کریمی، شهرستان خرم‌آباد دارای اقلیم‌های نیمه مرطوب با تابستان گرم و زمستان معتدل و شهرستان ازنا دارای اقلیم نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان‌های بسیار سرد هستند (Lashanizand *et al*., 2011).

پارامترهای هواشناسی شامل میانگین دما، میانگین دمای بیشینه و کمینه، کمینه و بیشینه مطلق دما، میانگین بارندگی، رطوبت نسبی هوا و ساعات آفتابی در دوره رشد و نمو محصول در دو منطقه آزمایش، از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک ازنا و خرم‌آباد به دست آمد. آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار روی گیاه سیب‌زمینی رقم بانبا (Banba) (نیمه پابلند، زودرس با خاصیت انباری خوب) در سه تکرار و در دو منطقه ازنا و خرم‌آباد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱۰ روش مدیریت کود نیتروژن از منبع کودی اوره و کود مرغی (هرکدام در پنج سطح) و تیمار شاهد (T1) (بدون مصرف کود) بودند. سطوح مختلف مدیریت کودی اوره (T2 تا T6) شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ در Nb بودند که در آن Nb، حداقل مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه سیب‌زمینی، با توجه به آزمون خاک و محصول تولیدی سال‌های قبل از زمین مورد آزمایش بود (Tabataba'i, 2014). سطوح مختلف مدیریت کود مرغی (T7 تا T11) نیز شامل معادل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز در Nb بود. برای تجزیه عناصر غذایی کود مرغی، یک نمونه مرکب از ۱۰ نمونه تصادفی انتخاب شد و پس از خشک‌کردن آن در سایه، آسیاب شد و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و میزان pH و EC در نسبت ۱:۱۰ (w/v) از کود و آب اندازه‌گیری شد. مقدار ماده آلی با خاکستر کردن نمونه در دمای 550 °C تعیین شد. نیتروژن کل نیز از روش کجلدال به دست آمد. مقدار فسفر نیز با عمل هضم در آب اکسیژنه و استفاده از اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک، اندازه‌گیری شد. مقدار پتاسیم با استفاده از روش فلیم فتومتری و مقادیر روی، مس، آهن و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شد .

نوع خاک هر دو منطقه بر اساس طبقه‌بندی آمریکایی در فامیل Fine mixed mesic و تحت گروه Typic calcixerepts از رده Inceptisols قرار داشت. جدول ۱، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی را در دو منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری.
Table 1. Physicochemical analysis of experimental field soil (0-30cm).

Region	Soil texture	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	OC %	N Total %	OM%	P(av.) ppm	K(av.) ppm
Khoramabad	Clay Loam	1.18	7.62	0.98	0.098	1.7	21.8	355
Azna	Loam	0.84	8.44	0.69	0.069	1.19	27	371

جدول ۲- نتایج آنالیز کود مرغی مورد استفاده.
Table 2. Analysis of applied poultry manure.

pH	N	P_2O_5	K_2O	OC	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	Cu	Zn	Mn	Fe	EC $(dS.m^{-})^1$
	%				ppm		$Mg.kg^{-1}$				
6.6	4.98	3.69	2.47	35.8	5550	355	71.5	1475	520	1825	8.9

در تیمارهای T2 تا T6، 35 درصد کود اوره در زمان کاشت، ۳۰ درصد در مرحله غده‌زایی و ۳۵ درصد در مرحله حجیم شدن غده‌ها به‌صورت کود سرک (Jamshidi *et al*., 2014) و تمامی کود مرغی در تیمارهای T7 تا، T11 ، هنگام آماده‌سازی زمین به خاک اضافه شد. با توجه به آزمون خاک، نیازی به مصرف منابع تأمین‌کننده فسفر و پتاسیم در هر دو منطقه نبود. بر همین اساس، مقادیر مصرف نیتروژن (با استفاده از منبع کودی اوره) و کود مرغی بر اساس جدول ۳ انجام شد. جهت جلوگیری از ورود کود نیتروژن همراه آبیاری، بین کرت‌های مجاور دو متر و بین بلوک‌های مجاور، یک جوی آبیاری و یک کانال زهکشی فاصله گذاشته شد.

جدول ۳- مقادیر مصرف کود اوره و کود مرغی بر اساس آزمون خاک در مناطق مورد آزمایش.
Table 3. Urea fertilizer and poultry manure rates based on soil test in the studied regions.

Poultry manure ($kg.ha^{-1}$)					Urea fertilizer ($kg.ha^{-1}$)					
T_{11}	T_{10}	T_9	T_8	T_7	T_6	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1
12880	10304	7728	5152	2700	875	700	525	350	175	۰

کاشت غده با توجه به اختلاف شرایط آب و هوایی مناطق مورد بررسی، در خرم‌آباد و ازنا به ترتیب در تاریخ‌های ۹۴/۱۲/۱ و ۹۵/۳/۲۸ انجام شد. عملکرد غده از دو ردیف میانی و با حذف سه بوته از بالا و پایین هر کرت هنگامی‌که نزدیک به ۷۰ درصد ساقه‌ها کاملاً خشک شدند، به دست آمد. برای محاسبه وزن و تعداد غده¬ها، از یک صفحه پلاستیکی که بر روی آن شش برش به شکل مربع ((>10/ 2 cm) A4، A3 (2/10 cm) A2 (3/8-4/6 cm)، A1 (4/6-8/4 cm)، B (3/8-8/4 cm) و C (3/1- 8/3 cm)) (Grange, 1972) قرار داشت، استفاده شد. تمام غده¬ها از این برش¬ها عبور داده شدند و از نظر سایز جدا شدند و غده‌های کلاس A1 به‌عنوان غده‌های بازارپسند در نظر گرفته شد (Grange, 1972). غده‌های سبز شده، دارای علائم بیماری، بدشکل و غده‌های با وزن کمتر از ۲۰ گرم (غده‌های غیر بازارپسند)، به‌عنوان ضایعات عملکرد منظور شدند (Grange, 1972). میانگین تعداد ساقه و غده در هر بوته و میانگین وزن غده (با تقسیم عملکرد ۱۰ بوته بر تعداد غده¬ها) با نمونه‌برداری تصادفی از ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی، اندازه‌گیری شد.

برای تعیین وزن خشک غده، از میانگین وزن پنج غده سیب¬زمینی در هر کرت استفاده شد. برای این منظور، نمونه‌ها پس از تکه تکه شدن به اندازه‌های ریز (کمتر از یک میلی‌متر)، در آونی با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین شدند (Carli *et al*., 2014).

به‌منظور تعیین درجه روز رشد (GDD) در مراحل مختلف نمو، از رابطه زیر استفاده شد:

$$GDD = \sum n \left[\frac{Tmax+Tmin}{2}\right] - T_b \qquad \text{رابطه [۱]}$$

که در آن: GDD: درجه روز رشد، n: تعداد روزهای رشد، Tmax: بیشینه دمای روزانه، Tmin: کمینه دمای شبانه

و T_b: دمای پایه (۷ درجه سانتی‌گراد) هستند. همچنین پنج مرحله رشدی سیب‌زمینی شامل مراحل سبز شدن، بسته شدن کانوپی، غده‌زایی، حجیم شدن غده و رسیدگی (برداشت)، یادداشت‌برداری و ثبت شدند.

برای اندازه‌گیری محتوای نیترات موجود در غده¬های سیب‌زمینی، از روش اسید سولفوسالیسیلیک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر استفاده شد. برای این منظور، قبلاً دستگاه با محلول شاهد آماده شده غلظت صفر و نمونه¬های استاندارد تهیه‌شده توسط دستگاه کالیبره شد. سپس معادله رابطه بین عدد خوانده‌شده از دستگاه اسپکتروفتومتر و غلظت نیترات در محلول‌های استاندارد به دست آمد (Hlaysova *et al*., 1970).

کارایی زراعی نیتروژن نیز از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Zotarelli *et al*., 2015).

رابطه [۲] $\text{کارایی زراعی نیتروژن} \left(\frac{kg}{kg}\right) = \frac{GWf-GWc}{NA} \times 100$

در این رابطه، NA: مقدار نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) و GW_f و GW_c: به ترتیب عملکرد غده در پلات‌های کود خورده و شاهد را نشان می‌دهد.

در این تحقیق، ارزیابی اقتصادی مصرف کود مرغی در مقایسه با کود اوره بر اساس قیمت کودهای مصرفی، قیمت روز سیب‌زمینی و در نهایت سود خالص به‌دست‌آمده محاسبه شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، علاوه بر انجام آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب دو اقلیم انجام گرفت و برای این منظور، از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین محاسبه همبستگی ساده به‌وسیله نرم‌افزار Minitab 16 صورت گرفت.

نتایج و بحث

پارامترهای هواشناسی و مراحل رشدی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین کل دوره رشد برای خرم‌آباد، ۱۵۰ روز (ابتدای اسفند تا اواخر تیرماه) و برای ارزنا، ۱۲۰ (اوایل تیر تا اواخر مهر) روز بود (جدول ۴). این اختلاف در دوره رشدی سیب‌زمینی در دو منطقه موجب شد که شاخص‌های دمایی در منطقه خرم‌آباد، روند صعودی و در منطقه ارزنا، روند نزولی داشته باشد. برای نمونه، دامنه تغییرات دمای میانگین ماهیانه از ابتدای کاشت تا زمان برداشت، در منطقه خرم‌آباد ۱۱/۵ تا ۲۹/۵ و در منطقه ارزنا ۲۶/۱ تا ۱۵/۸ بود (جدول ۱). این موضوع در خصوص دریافت تابش خورشیدی نیز محسوس بود، به‌طوری‌که میزان آن در خرم‌آباد از ۱۹۸ به ۳۵۵ افزایش و در ارزنا از ۳۳۲ به ۹۸ ساعت کاهش یافت و به‌طور میانگین، ساعات آفتابی در دو منطقه خرم‌آباد و ارزنا، به ترتیب ۲۸۲ و ۲۷۶ بود (جدول ۱).

بررسی مراحل مختلف رشدی سیب‌زمینی، نشان از تفاوت آن‌ها در دو منطقه آزمایش بود (شکل ۱). در این رابطه، تعداد روز مورد نیاز از کاشت تا سبز شدن در ارزنا و خرم‌آباد به ترتیب ۱۲ تا ۲۴ روز متغیر بود. اهمیت این موضوع این است که این مدت زمان، نقش بسیار مهمی در عملکرد سیب‌زمینی دارد. هرچه مدت این مرحله کوتاه‌تر باشد، مرحله حجیم شدن غده طولانی‌تر می‌شود و اندام‌های هوایی، به‌عنوان یک منبع رقابت کننده با غده برای جذب مواد غذایی، بیش از اندازه رشد نخواهد کرد. گزارش شده است که نزدیک به ۴۰ روز بعد از خروج گیاهان در کشت بهاره سیب‌زمینی در همدان، غده قابل مشاهده است (Parvizi *et al*., 2011). بنابراین می‌توان بیان کرد که مرحله سبز شدن در کشت بهاره سیب‌زمینی در خرم‌آباد در مقایسه با زراعت بهاره این محصول در همدان حدود، نه روز کوتاه‌تر است. ارزیابی واحد دمایی مشخص نمود که درجه روز رشد مورد نیاز برای مرحله رشد سبزینه‌ای بسته به مکان، بین ۱۶۸ تا ۲۱۶ واحد بود. در مطالعه‌ای مشابه، مدت‌زمان این مرحله بین ۲۴ تا ۲۸ روز و درجه روز رشد مورد نیاز از ۳۲۷/۹ تا ۳۹۷ واحد گزارش شده است (Maji *et al*., 2014). به‌طورکلی، اختلاف بین شاخص‌های دمایی در این مکان‌ها، ناشی از اختلاف زمانی در شروع و خاتمه این مرحله و در نتیجه اختلاف شرایط اقلیمی مانند دما، تعداد ساعات آفتابی و طول روز در این دوره زمانی بود (جدول ۴).

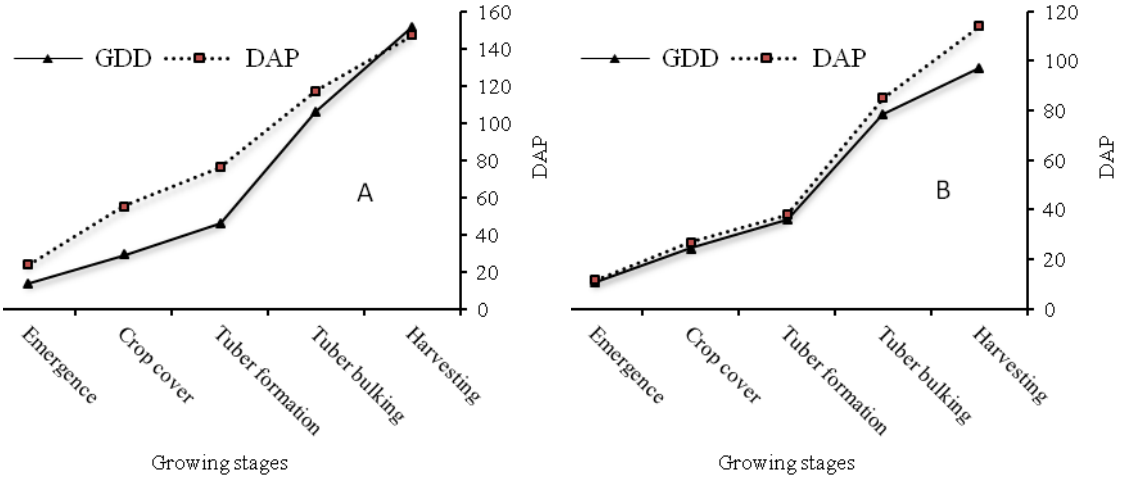
جدول ۴- برخی از پارامترهای هواشناسی در دوره رشد و نمو سیب‌زمینی در خرم‌آباد و ازنا.

Table 4. Some meteorological parameters in the potato growth period in Khorramabad and Azna.

Meteorological parameters	Khoramabad (planting date: Feb/20/2016)						Azna (planting date: June /17/2016)				
	March	April	May	June	July	avg.	July	August	September	October	avg.
Average monthly temperature (°C)	11.5	11.7	19.7	23.4	29.5	19.2	26.1	25.8	22.3	15.8	22.5
Average maximum temperature (°C)	18.7	18.8	28.4	33.7	40	28	35.2	34.8	32.3	25.8	32
Average minimum temperature (°C)	4.3	4.6	11	13.1	19	10	16.9	16.9	12.3	5.9	13
Absolute minimum temperature (°C)	-0.2	-0.6	4.5	8.3	14.3	5	12.4	13.3	6.4	2.7	9
Absolute maximum temperature (°C)	23	23.4	37	38	43.4	33	38	39	35.7	31.4	36
Average precipitation (mm)	63.9	244	17.2	0	0	65	0	0	0	11.7	3
Relative humidity (%)	58	62.5	52	25	19.5	43	23.5	21	23	31.5	25
Sunshine hours	198	232	280	343	355	282	332	345	329	98	276

avg. میانگین پارامترها.

Avg: the average of parameters



شکل ۱- مقایسه مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی در دو منطقه خرم‌آباد (A) و ازنا (B).

Figure 1. Comparison of the different growth stages of potato in of Khorramabad (A) and Azna (B) regions.

در این پژوهش، درجه روز رشد دریافت شده در مرحله غده‌زایی بسته به مکان، بین ۵۷۵ تا ۷۵۲ واحد متغیر بود (شکل ۱). غده‌زایی در سیب‌زمینی، فرایندی پیچیده دارد و سطح هورمون‌های درون‌زا و تعادل تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، نقش اساسی در آن ایفا می‌کنند. سطح تنظیم‌کننده‌های رشد داخلی، به نوبه خود تحت تأثیر شرایط اقلیمی، دوره روشنایی، دمای محیط و شرایط رشد قرار دارند (Banerjee *et al*., 2016). در واقع مدت‌زمان غده‌زایی، به شرایط اقلیمی بستگی دارد و دوره غده‌زایی در شرایطی که رشد گیاه سریع باشد، در مقایسه با شرایطی که رشد گیاه کند است، کوتاه‌تر خواهد شد.

مرحله حجیم شدن غده، نقش بسیار مهمی در تعیین عملکرد سیب‌زمینی ایفا می‌کند. در شرایط مساعد، سرعت رشد غده به نسبت ثابت است، ولی روبه‌رو شدن گیاه با هرگونه شرایط نامساعد، به کاهش سرعت رشد غده و عملکرد محصول منجر خواهد شد. بر اساس نتایج، مرحله حجیم شدن غده بسته به مکان آن بین

۸۵ تا ۱۱۷ روز متغیر بود. به‌طورکلی، کل طول دوره رشد و نمو سیب‌زمینی در ازنا و خرم‌آباد، به ترتیب بین ۱۱۴ تا ۱۴۷ روز بود (شکل ۱). این اختلاف زمانی را می‌توان به پایین بودن دمای خرم‌آباد در ابتدای دوره رشد رویشی نسبت داد.

عملکرد غده

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که مکان و منبع تأمین نیتروژن، اثر معنی‌داری بر عملکرد غده داشتند ($p<0.01$) (جدول ۴). در این رابطه، میانگین عملکرد غده در منطقه خرم‌آباد با دامنه تغییرات (۲۵/۷ تا ۶۴/۱ تن در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن نسبت به منطقه ازنا با دامنه تغییرات (۲۱ تا ۵۸/۹) بود. با این‌حال در هر دو منطقه، بیشترین عملکرد غده با مصرف ۷۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار (۲۰۰ درصد Nb) به دست آمد و با مصرف بیشتر، عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (از ۶۱/۵ به ۴۵/۱ تن در هکتار) (جدول ۵). مشابه با نتایج این آزمایش، سایر پژوهشگران نیز کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی را در پی افزایش نیتروژن گزارش کرده‌اند (keyhani & saneinjad, 2015).

دلیل افزایش ۱۲ درصدی عملکرد خرم¬آباد نسبت به ازنا را می‌توان به مناسب بودن دما و افزایش طول روز و شدت نور در دوره حجیم شدن غده¬ها نسبت داد (جدول ۱، شکل ۱). این نتایج با یافته‌های دیگر پژوهشگران که دمای بهینه برای حداکثر عملکرد غده را ۱۸-۱۵ (Levy & Veilleux, 2007) و یا ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد (Malhotra, 2017) گزارش کرده‌اند، همخوانی داشت. برتری عملکرد سیب-زمینی در مناطق معتدله کشور نیز توسط برخی از محققین نیز گزارش شده است (Abde Emani *et al*., 2011; Mousapour Gorji & Hassanabadi, 2012; Parvizi *et al*., 2011).

همچنین تأثیر منفی پایین بودن شدت و مدت نور و کوتاه بودن طول روز بر عملکرد سیب¬زمینی در کشت پاییزه در تونس گزارش شده است (Lambert *et al*., 2006).

کاهش عملکرد غده با افزایش مصرف نیتروژن، به افزایش زیست¬توده و تشدید رقابت درون گیاهی و رقابت درون‌گونه‌ای برای جذب آب و مواد پرورده نسبت داده شده است. علاوه بر این، با توجه به این¬که افزایش نیتروژن خاک، تعداد برگ در بوته را نیز افزایش می‌دهد، شاید یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد در سطوح بالای کودی، رابطه عکس تعداد برگ بوته با تعداد و وزن غده تولیدی باشد (keyhani & saneinjad, 2015) همچنین مصرف نیتروژن در مقادیر بالا به‌ویژه هنگام غده دهی، طول دوره رشد رویشی را افزایش می‌دهد و تشکیل و رشد غده‌ها را به تأخیر می‌اندازد که در پی آن، عملکرد غده کاهش می‌یابد. مصرف دیرهنگام مقادیر بیش‌ازحد نیتروژن در طی فصل رشد نیز با تأخیر در رسیدگی غده‌ها، موجب کاهش عملکرد و قابلیت انبارداری غده‌ها می‌شود (Atkinson *et al*. 2003).

با بررسی عملکردهای به دست آمده از کود مرغی، مشاهده می‌شود که مصرف نزدیک به ۱۰ تن در هکتار کود مرغی، عملکردهایی را نزدیک به مصرف کود شیمیایی در پی داشته است (۵۳/۵ و ۵۳/۱ تن در هکتار، جدول ۷) که با وجود اندکی کاهش عملکرد، با توجه به اثرات آلوده‌کنندگی کودهای شیمیایی بر محیط و ایجاد مخاطرات سلامتی برای انسان، منطقی به نظر می‌رسد؛ ضمن این‌که کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، پایداری اکوسیستم‌های زراعی را به همراه خواهد داشت. سایر پژوهشگران نیز به نقش مثبت کود مرغی اشاره کرده‌اند. در این ارتباط می‌توان به افزایش عملکرد غده و یا تولید قابل قبول آن (Rees *et al*., 2014; Oustani *et al*., 2015; Amini *et al*., 2016; Setiyo *et al*., 2016; Zandian & Farina, 2016) و یا صرفه‌جویی در مصرف کود شیمیایی با استفاده از کود مرغی در کشت و کار سیب‌زمینی (Ghosh, 2017; Kumar *et al*., 2005; Rahman *et al*., 2011) اشاره نمود.

از سوی دیگر به دلیل آهکی بودن خاک‌ها در کشور ایران، مقدار کم مواد آلی، بالا بودن میزان املاح خاک، عدم مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف و مصرف بیش‌ازاندازه عناصر پر مصرف از قبیل نیتروژن و فسفر، باعث کمبود عناصر کم‌مصرف و از بین رفتن تعادل عناصر غذایی در خاک شده است (Malakouti, 2005).

یکی از عوامل مهم به‌زراعی در افزایش عملکرد سیب‌زمینی، مصرف بهینه کود و تغذیه صحیح آن است. متأسفانه در مورد تغذیه مناسب این گیاه که خصوصیات کیفی آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد، تحقیقات کاربردی رضایت بخشی صورت نگرفته است. به همین دلیل، عملکرد هکتاری کشور ما در مقایسه با کشورهای دیگر پایین‌تر است و خصوصیات کیفی محصول تولیدی نیز با استانداردهای جهانی هم‌خوانی ندارد.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب اثر مدیریت نیتروژن بر صفات مورد بررسی.

Table 5. Combined variance analysis of nitrogen management effect on studied traits.

S.O.V	df	Tuber Yield	Number of tubers			Number of shoots per plant	Shoot dry weight	Specific gravity	Individual tuber weight			Tuber dry matter	Tuber Nitrate	ANUE§
			Large	Medium	Small				Large	Medium	Small			
Site (S)	1	368.7**	83.4**	35.2**	99.9**	17.6**	19.74**	0.111**	1404 ^{ns}	276 ^{ns}	48.1**	99.1**	57.6 ^{ns}	301.22*
Block	4	5.5	4.13	2.56	2.4	1.54	0.39	0.083	1539	295	10.7	4.16	12.8	3698.93
Nitrogen resource (NR)	10	957.5**	79.6**	101.41**	82.62**	3.01**	101**	0.02**	6572**	1066**	231**	3.88**	21360**	10165.57**
NR × S	10	0.78 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}	8×10^{-8} ^{ns}	0.0006 ^{ns}	0.007 ^{ns}	102 ^{ns}	13.4 ^{ns}	3.6 ^{ns}	1.96 ^{ns}	13.5 ^{ns}	34.99
Error	40	4.62	2.01	1.34	1.18	0.02	0.19	0.003	659	146	3.2	1.19	41.4	282.72
CV%		5.2	10.03	7.31	9.01	3.84	6.65	5.24	15.3	12.51	9.43	6.08	4.94	24.59

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

§: کارایی زراعی نیتروژن

ns, * and **:non significant and significant at 5% and 1% of probably levels, respectively.
§Agronomic Nitrogen Use Efficiemcy

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد سیب‌زمینی و برخی صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر مکان‌های آزمایشی.

Table 6. Mean comparison of tuber yield and some studied trats in two locations.

Site	Tuber Yield ($t.ha^{-1}$)	Number of tubers per m^2				Number of shoots. $plant^{-1}$	Shoot dry weight ($t.ha^{-1}$)	Specific gravity ($gr.cm^{-3}$)	Tuber dry matter (%)	ANUE§ (kg/kg)
		Large	Medium	Small	Total					
Azna	38.9 ^{b}	13.03^{b}	15.1^{b}	10.8^{b}	38.9^{b}	3.6^{b}	11.3^{b}	1.11^{b}	16.7^{b}	70.5^{a}
Khoram abad	43.7 ^{a}	15.2^{a}	16.5^{a}	13.2^{a}	45^{a}	4.6^{a}	12.4^{a}	1.19^{a}	19.2^{a}	66.2^{b}

ستون‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری (آزمون دانکن در سطح پنج درصد)، تفاوت معنی‌داری ندارند.

§: کارایی زراعی نیتروژن.

Means followed by similar letters in the same column are not significantly different (P=5%).
§Agronomic Nitrogen Use Efficiemcy.

تعداد ساقه در بوته

تعداد ساقه در بوته در منطقه خرم‌آباد، بیشتر از منطقه ازنا بود و بیشترین تعداد ساقه در بوته (۴/۶) را به خود اختصاص داد (جدول ۵). همچنین در بین تیمارهای کودی، کمترین تعداد ساقه در بوته در تیمار شاهد (۲/۸۵) و بیشترین آن در تیمار کود نیتروژن ۲۰۰ (۴/۹۵ درصد Nb) به دست آمد (جدول ۶). با افزایش میزان کود نیتروژن و همچنین کود دامی (تا تیمار ۲۰۰ درصد Nb)، بر تعداد ساقه در بوته افزوده شد. این برتری ۲۸ درصدی تعداد ساقه در بوته خرم¬آباد نسبت به ازنا، به دلیل دو برابر شدن مدت‌زمان مرحله رشد سبزینه¬ای در خرم‌آباد و اختلاف زمانی در شروع و خاتمه این مرحله و در نتیجه اختلاف شرایط اقلیمی مانند دما، تعداد ساعات آفتابی و طول روز در این دوره زمانی بود. در نتایج سایر پژوهشگران نیز افزایش تعداد ساقه در پی افزایش مصرف کودهای شیمیایی (Carli *et al*., 2014) و یا دامی (Yarmohammadi *et al*., 2016) گزارش شده است. از سوی دیگر، گزارش شده است که افزایش تعداد ساقه در بوته به دلیل افزایش توان فتوسنتزی گیاه، در افزایش عملکرد غده نقش به سزایی دارد (Rashidi *et al*., 2014). این موضوع در بررسی همبستگی صفات مختلف با عملکرد

غده در آزمایش حاضر نیز مشهود بود، به‌طوری‌که تعداد ساقه در بوته، همبستگی بالا و معنی‌داری (r=۰/۸۱**) را با عملکرد غده نشان داد (جدول ۸).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر کود اوره و مرغی بر صفات اندازه‌گیری شده در دو منطقه خرم‌آباد و ازنا.

Table 7. Effect of nitrogen resource (urea fertilizer and poultry manure) on measured traits in Azna and Khorramabad.

Nitrogen resource (kg.ha^{-1})		Tuber Yield (t.ha^{-1})	Number of tubers per m^2				Number of shoots.per plant	Shoot dry weight (t.ha^{-1})	Individual tuber weight (gr)			Tuber dry matter (%)	Tuber Nitrate (mg.kg^{-1} FW)	ANUE* (kg/kg)
			Large	Medium	Small	Total			Large	Medium	Small			
Urea fertilizer	0	23.7 h	7.2 f	8.6 f	14.4 b	30.1 f	2.85f	5.8g	151.9 de	114 ab	20 cd	17.6 bcd	55.3 h	-
	175	29.3 g	11.6 e	12.1 e	9.8 de	33.5 e	3.58e	8f	129 ef	102 bc	19.8 d	17 cd	135.9 d	68.2 de
	350	43.1 d	14.6 d	16.6 c	11.9 c	43 cd	3.98d	10.1e	180 bcd	86.3 cde	20 cd	16.6 d	165.5 c	120 a
	525	48.3 c	15.4 cd	20.5 b	9.1 de	45 bc	4.85ab	11.6d	196.6 ab	74.8 f	29.8 a	17.9 a-d	188.1 b	101.7 ab
	700	61.5 a	17.6 ab	22.3 a	11.8 c	51.7 a	4.95a	15.8c	220.3 a	87.5 cde	27.2 b	19.2 a	195.7 b	117.2 a
	875	45.1 d	18.8 a	14.5 d	8.8 e	42 d	3.62e	17.8a	165.3 bcd	84.8 e	19.8 d	18.7 ab	236.6 a	53.2 e
Poultry manure	2700	23.4 h	9.9 e	11.8 e	10.4 d	32.1 ef	3.65e	8.1f	100.5 f	104 ab	11.7 fg	17.9 a-d	86.5 f	3.8 f
	5152	33.5 f	11.6 e	14.5 d	14.5 b	40.7 d	3.68e	9.7e	142.7 de	97.3 bcd	14.3 e	18 a-d	73.6 g	61 de
	7728	40.4 e	15.1 cd	16.3 c	21.4 a	52.8 a	4.88a	11.5d	158.4 cde	88 cde	10 g	18.1 abc	89.2 ef	69 de
	10304	53.5 b	16.5 bc	19.9 b	8.7 e	45 bc	4.72bc	16bc	190.7 abc	100 bc	22.3 c	18.1 abc	93 ef	92.3 bc
	12880	53.1 b	17.6 ab	17 c	11.9 c	46.5 b	4.65c	17.1ab	180.5 bcd	116 a	13.7 ef	19.1 a	100.8 e	73.2 cd

ستون‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری (آزمون دانکن در سطح پنج درصد)، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in the same column are not significantly different (P=5%).

وزن خشک اندام‌های هوایی

با افزایش سطوح کودی، وزن خشک اندام‌های هوایی نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تعداد شاخه فرعی و در نتیجه افزایش تعداد برگ می‌تواند دلیلی بر افزایش وزن خشک گیاه باشد. در تحقیقات قبلی نیز در سطوح بالای نیتروژن به علت شاخه‌دهی و سرعت ظهور برگ بیشتر، ماده خشک اندام‌های هوایی سیب‌زمینی افزایش یافت (Abbasi *et al*., 2011).

با وجود این‌که برای افزایش شاخ و برگ و دستیابی به حداکثر فتوسنتز در مراحل اولیه رشد، سیب¬زمینی نیاز به سطح بالایی از نیتروژن دارد، ولی استفاده بیش از حد نیتروژن، باعث تأخیر در تشکیل غده و رسیدگی محصول و افزایش درصد غده¬های درشت، افزایش نیترات سیب‌زمینی، کاهش نشاسته و افزایش قندهای احیا و به‌طورکلی کاهش کیفیت و کمیت عملکرد غده خواهد شد (Makaraviciute, 2003). این برتری ۱۰ درصدی وزن خشک اندام‌های هوایی خرم‌آباد نسبت به ازنا (جدول ۵) را می‌توان به نصف شدن مدت‌زمان مرحله دوم رشد و نمو (رشد سبزینه¬ای) منطقه ازنا، تشکیل زودهنگام غده و قوی‌تر بودن غده‌ها برای جذب کربوهیدرات‌ها و مواد معدنی گیاه در مقایسه با اندام‌های هوایی نسبت داد (شکل ۱).

تعداد غده در واحد سطح

بر اساس نتایج آزمایش، اثر مکان و منبع نیتروژن بر روی تعداد غده در متر مربع (درشت، متوسط و ریز) معنی‌داری بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح کود اوره و کود مرغی، تعداد غده‌های درشت و متوسط در واحد سطح، روند افزایشی داشت (جدول ۵). همچنین از مقایسه میانگین بین دو مکان مشخص شد که در منطقه خرم‌آباد، تعداد غده بیشتری در هر سه اندازه (درشت، متوسط و ریز) نسبت به منطقه ازنا وجود داشت (جدول ۶). دلیل این افزایش ۱۶ درصدی تعداد غده در واحد سطح خرم‌آباد نسبت

به ازنا را می‌توان به بالا بودن تعداد ساقه اصلی و در نتیجه افزایش سطح برگ و میزان فتوسنتز و فراهم شدن امکان رشد و نمو برای تعداد غده بیشتر نسبت داد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین تعداد ساقه و تعداد غده متوسط و بزرگ (به ترتیب ** ۰/۹ و* ۰/۷۲) مشاهده شد (جدول ۸). وجود رابطه مثبت بین تعداد ساقه اصلی و تعداد غده نیز گزارش شده است (Darabi & Eftekhari, 2014). دیگر پژوهشگران نیز افزایش شمار کل غده‌ها به‌ویژه تعداد غده‌های درشت، به دنبال افزایش مصرف نیتروژن گزارش داده‌اند (Amiri *et al*., 2009; Sharifi *et al*., 2013).

گزارش شده است که کمبود نیتروژن در اوایل فصل رشد می‌تواند باعث کاهش رشد گیاه سیب‌زمینی شود و تأثیر سوئی بر مرحله غده‌بندی سیب‌زمینی داشته باشد و از طریق کاهش تعداد غده و وزن غده، عملکرد محصول را کاهش دهد. از طرف دیگر، مصرف زیاد کودهای نیتروژن دار نیز رشد رویشی اندام‌های هوایی را تحریک می‌نماید و تشکیل غده‌ها و دوره پر شدن غده‌ها را به تأخیر می‌اندازد و بـه دیررسی محصول منجر می‌شود (Nurmanov *et al*., 2019). افزایش تعداد غده در واکنش به کود دهی نیتروژن را می‌توان به افزایش تعداد دستک‌ها از طریق تأثیر نیتروژن بر بیوسنتز جیبرلین‌ها در گیاه سیب‌زمینی نیز نسبت داد (Zelalem *et al*., 2009).

بر اساس نتایج آزمایش، اختلاف معنی‌داری در تولید غده‌های ریز، بین مصرف کود مرغی و شیمیایی وجود داشت، به‌طوری‌که مقدار غده‌های ریز در کود مرغی بیشتر بود. در تحقیقی مشابه نیز گزارش شد که مصرف کود حیوانی، باعث افزایش تعداد غده‌های متوسط و ریز می‌شود که علت آن، فراهمی و سهولت بیشتر دسترسی به نیتروژن در کود اوره پیشنهاد شده است (Ahmed *et al*., 2015).

درصد ماده خشک غده

درصد ماده خشک غده (نسبت ماده خشک غده به وزن غده) تنها در منطقه خرم‌آباد تحت تأثیر منبع کودی قرار گرفت (جدول ۴) و مقدار آن با میانگین ۱۹/۲ نسبت به منطقه ازنا، ۱۵ درصد برتری داشت (جدول ۵). همچنین در هر دو منبع تأمین نیتروژن (کود اوره و کود مرغی)، رابطه مثبتی میان درصد ماده خشک غده با افزایش میزان مصرفی کود تا حد مقادیر متوسط وجود داشت و پس آن، تقریباً روند ثابتی به خود گرفت (جدول ۶). درصد ماده خشک، تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله مواد معدنی قرار می‌گیرد. عموماً عواملی که رشد بیش از حد شاخ و برگ را تحریک می‌کنند، درصد ماده خشک را کاهش می‌دهند و عواملی که رشد غده را تحریک می‌کنند. درصد ماده خشک را افزایش می‌دهند. در واقع عقیده بر این است استفاده از مقادیر مناسب نیتروژن می‌تواند میزان ماده خشک موجود در غده را افزایش دهد، درحالی‌که مقادیر زیاد نیتروژن می‌تواند تأثیر منفی به‌جای گذارد و ماده خشک غده سیب‌زمینی در پی افزایش مصرف نیتروژن به‌شدت کاهش یابد (Zhou *et al*., 2017).

وزن تک غده

وزن تک غده به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح منبع تأمین نیتروژن قرار گرفت (جدول ۵) و میانگین وزن تک غده ریز در منطقه خرم‌آباد (۱۸/۷ گرم) نسبت به منطقه ازنا، برتری هفت درصدی داشت (جدول ۶). همچنین میانگین دامنه تغییرات این صفت در هر سه اندازه از ۷۲/۱ گرم (تیمار کود مرغی معادل ۵۰ درصد Nb) تا ۱۱۱/۷ گرم (تیمار کود نیتروژن معادل ۲۰۰ درصد Nb) معادل ۵۵ درصد بیشتر بود (جدول ۶). در این رابطه گزارش شده است که کاربرد نیتروژن نسبت به تعداد غده در بوته، اثر بیشتری روی اندازه غده و وزن غده دارد (Jamaati-e-Samarin *et al*., 2012).

نیترات غده

نتایج نشان داد که میزان نیترات غده، تنها تحت تأثیر منبع تأمین نیتروژن قرار گرفت (جدول ۵). در هر دو مکان آزمایش، بیشترین نیترات غده به مصرف مقادیر بالای کود اوره مربوط بود. اگرچه مقدار نیتروژن غده در مقادیر بالای کود مرغی نیز تقریباً مشابه مدیریت شیمیایی نیتروژن بود، ولی انباشت نیترات نسبت به منبع شیمیایی کمتر بود (جدول ۶). افزایش میزان انباشت نیترات در غده سیب‌زمینی در پی افزایش منابع

تأمین نیتروژن توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Tein *et al*., 2014; El-Sayed *et al*., 2015; Eleroğlu & Korkmaz, 2016; Yarmohammadi *et al*., 2016).

مصرف مقادیر زیاد کودهای حاوی نیتروژن در خاک، سبب افزایش جذب نیترات توسط ریشه می‌شود، درحالی‌که احیاء و اسیمیلاسیون آن در داخل گیاه به همان نسبت بالا نمی‌رود که نتیجه آن، انباشت نیترات در اندام‌های گیاه است. احتمالاً یکی از دلایل مهم تفاوت در تجمع نیترات در غده‌های تولید شده از منابع شیمیایی و آلی نیتروژن، تفاوت در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز است. علاوه بر این علت، تفاوت در تجمع نیترات را می‌توان به تفاوت رهاسازی نیتروژن بین کودهای آلی و شیمیایی نسبت داد. کودهای آلی با در اختیار قرار دادن تدریجی نیتروژن در مقایسه با منابع شیمیایی، باعث تجمع کمتر نیترات در سبزی‌ها خواهند شد (Lombardo *et al*., 2013). از سوی دیگر، افزایش میزان نیترات غده ممکن است به دلیل نبود فرصت کافی برای تبدیل نیترات جذب‌شده توسط غده به پروتئین‌ها نیز باشد و هنگامی‌که گیاه در شرایط غیر عادی از جمله مصرف بیشتر از حد کود نیتروژن رشد نماید، تولید پروتئین، کاهش یافته و نیتروژن به شکل غیر پروتئینی (نیترات) در گیاه تجمع می‌یابد (Döring *et al*., 2005; Anjana & Iqbal, 2007). با این‌حال، برخی از پژوهشگران، نقش ژنتیک در انباشت نیترات را مهم‌تر و تفاوت‌ها را بیشتر وابسته به استعداد ارقام در انباشت نیترات دانسته‌اند (Gorenjak *et al*., 2013). همچنین مؤثر بودن عواملی دیگری چون شدت نور و دما، روش‌های کنترل آفات و بیماری‌ها، رطوبت خاک، نیز گزارش شده است (Chung *et al*., 2014; Gorenjak *et al*., 2013).

کارایی زراعی مصرف نیتروژن

مصرف نیتروژن در منطقه ازنا با کارایی زراعی بیشتری نسبت به خرم‌آباد همراه بود (به ترتیب معادل ۸۳/۱۶ و ۷۹/۸۳ کیلوگرم بر کیلوگرم). همچنین منبع نیتروژن، اعم از کود شیمیایی و مرغی و مقدار مصرف آن‌ها، تأثیر معنی‌داری بر کارایی زراعی نیتروژن داشت. در این رابطه در هر دو مکان آزمایش، کارایی زراعی کود شیمیایی بیشتر از کود مرغی بود. با افزایش میزان کود اوره تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف زراعی نیتروژن نیز افزایش و پس از آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این در حالی بود که روندی مشابه ولی ملایم‌تری در رابطه با مصرف کود مرغی و کارایی مصرف زراعی نیتروژن مشاهده شد (جدول ۶).

نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است که مصرف مقادیر بالای نیتروژن، به علت هدرروی نیتروژن و تخصیص بیشتر نیتروژن جذب‌شده به اندام‌های هوایی، باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن سیب‌زمینی می‌شود (Fontes *et al*., 2016; Awgchew *et al*., 2017). در واقع نتایج تحقیقات در خصوص اثرات نیتروژن بر سیب‌زمینی نشان داده است که مصرف نیتروژن در مقادیر کمتر از حد بهینه، باعث افزایش عملکرد غده می‌شود، درحالی‌که مصارف بالاتر از میزان بهینه با تأخیر در غده‌بندی و رسیدگی، کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت. همچنین مقادیر بالای نیتروژن، تعداد شاخه جوش‌ها و طول ساقه اصلی را افزایش می‌دهد، ولی تأثیری بر تعداد ساقه‌های اصلی ندارد (Maltas *et al*., 2018).

کشاورزان سیب‌زمینی‌کار در رابطه با مصرف نیتروژن به‌ویژه از منابع شیمیایی، محدودیت‌های ویژه‌ای دارند، زیرا کمتر استفاده کردن نیتروژن در مزارع سیب‌زمینی که واکنش خوبی به منابع نیتروژنی دارد، تولیدکنندگان را با چالش سود پایین در سیستم‌های تولیدی روبرو می‌سازد؛ درحالی‌که مصرف زیاد نیتروژن، اثرات زیان‌بار بر محیط زیست و سلامت محصول را در پی دارد. بنابراین مدیریت آب، خاک و کود مصرفی برای افزایش بهره‌وری از نیتروژن و کاهش شستشوی آن بسیار حائز اهمیت است. مصرف کود اوره نه تنها احتمال آبشویی و هدر رفتن نیتروژن را افزایش می‌دهد، بلکه مصرف پی‌درپی، باعث افزایش رشد رویشی و بالا رفتن هزینه‌ها نیز می‌شود.

همبستگی صفات

همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده و ارتباط آن‌ها با عملکرد غده در هر دو مکان آزمایش در جدول ۸ آمده است. بر اساس این جدول، بین عملکرد غده با صفات

تعداد کل غده (۰/۸۴**)، میانگین تعداد ساقه دربوته (۰/۸۱**)، ماده خشک (۰/۸۶**) و وزن مخصوص (۰/۵۴*)، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در آزمایش حاضر، تعداد غده در واحد سطح رابطه معنی‌داری با عملکرد نداشت؛ از این رو، اختلاف عملکرد غده را می‌توان به اختلاف آن‌ها در وزن خشک اندام‌های هوایی، تعداد ساقه و تعداد غده در واحد سطح نسبت داد. با این حال و بر اساس نتایج به دست آمده، در ارتباط با تعداد غده، فقط تعداد غده‌های بزرگ و متوسط تأثیر معنی‌داری بر عملکرد داشتند (جدول ۸).

جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده برای صفات ارزیابی‌شده بر اساس میانگین دو منطقه.

Table 8. Pearson correlation coefficients between measured traits based on two location averages.

		Individual tuber weight(gr)	Number of tubers (Per m^2)				Tuber Yield ($t.ha^{-1}$)	Number of shoots per plant	Shoot dry matter ($t.ha^{-1}$)	Specific gravity ($gr.cm^{-3}$)
			Large	Medium	Small	Total				
Individual tuber weight (gr)										
Number of tubers (N/m^2)	Large	0.02 ns								
	Medium	0.25 ns	0.78**							
	Small	0.05 ns	-0.21 ns	-0.17 ns						
	Total	0.15 ns	0.8**	0.84**	0.3 ns					
Tuber Yield ($t.ha^{-1}$)		0.14 ns	0.9**	0.92**	-0.2 ns	0.84**				
Number of shoots per plant		0.03 ns	0.72*	0.9**	0.085 ns	0.9**	0.81**			
Shoot dry matter ($t.ha^{-1}$)		0.18 ns	0.94**	0.67*	-0.27 ns	0.7*	0.86**	0.61*		
Specific gravity $gr.cm^{-3}$		-0.11 ns	0.26 ns	0.54*	-0.16 ns	0.34 ns	0.54*	0.57*	0.3ns	

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

ns, * and **:non significant and significant at 5% and 1% of probably levels, respectively.

مشابه با نتایج این آزمایش، در ارزیابی صفات مؤثر بر عملکرد ۱۰ ژنوتیپ سیب‌زمینی در استان اردبیل مشاهده شد که وزن غده‌های بزرگ و متوسط، نقش مؤثرتری بر عملکرد سیب‌زمینی داشته است (Khayatnezhad *et al*., 2011). همچنین در مطالعه همبستگی و تجزیه مسیر ۱۸ رقم و ژنوتیپ سیب‌زمینی در اتیوپی، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد ساقه و غده در بوته، نقش مؤثر و معنی‌داری در تعیین عملکرد غده داشتند (Lamboro *et al*., 2014). در همین ارتباط گزارش شده است اگرچه وزن غده در هر بوته، ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی و ... از نظر همبستگی‌های ساده فنوتیپی و ژنوتیپی، بیشترین اثر را بر عملکرد غده دارند، ولی در بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها مشاهده شده است که صفاتی چون ارتفاع بوته، تعداد غده کوچک و متوسط، قطر ساقه، وزن خشک بوته، زمان رسیدن، طول غده، عرض غده، وزن تر کل بوته و تعداد برگچه در هر شاخه، بیشتر از طریق سایر صفات اثر خود را بر عملکرد اعمال می‌کند (Bayati *et al*., 2014).

در بررسی‌های مشابه، ماده خشک غده (Ziachehreh *et al*., 2017) و ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد و وزن غده در بوته (Abde Emani *et al*., 2011)، تعداد غده در متر مربع (Bolandi & Hamidi, 2015)، تعداد غده، تعداد ساقه اصلی و اندازه برگ (Diant *et al*., 2014)، قطر ساقه، تعداد ساقه و تعداد کل غده (Rashidi *et al*., 2014) بیشترین همبستگی را با عملکرد غده داشته است.

ارزیابی اقتصادی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بالاترین سود خالص در هر دو مکان آزمایش از مصرف ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به دست آمد. با اعمال این تیمار، میانگین ۶۱/۵ تن در هکتار سیب‌زمینی تولید شد که در مقایسه با شاهد، بیش از ۳۷۲۶۱۰ هزار ریال در هر هکتار سود عاید کشاورز نمود. اما مصرف بیشتر از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار، به دنبال افت عملکرد، سود خالص را به‌شدت کاهش داد.

در خصوص کود مرغی نیز مشاهده شد که مصرف نزدیک به ۱۰ تن، بیشترین سود اقتصادی را به همراه

داشت و مصرف بیشتر از این مقدار، تغییری محسوسی در سود ایجاد نکرد. با این حال و با توجه به قیمت نسبتاً مناسب کودهای مرغی در مقایسه با کود اوره، مصرف این کودها در سیب‌زمینی دارای توجیه اقتصادی است، به‌طوری‌که با مصرف بیش از پنج تن در هکتار، سود حاصل، از حداقل ۹۲۸۴۸ هزار ریال تا ۲۸۷۶۹۶ هزار ریال در هر هکتار بیشتر از شاهد بود.

جدول ۹- برآورد اقتصادی مصرف کودهای نیتروژنی شیمیایی و آلی در سیب‌زمینی در دو مکان آزمایش.

Table 9. Economic estimation of chemical and organic nitrogen fertilizer applications in potatoes in two experimental locations.

Nitrogen resource ($kg.ha^{-1}$)		Economic Yield ($kg.ha^{-1}$)	Increased yield compared to control ($kg.ha^{-1}$)	Value of increased yield ($1000\ IRR.ha^{-1}$)	Fertilizer price 1000 IRR	Net income compared to control ($1000\ Rials.ha^{-1}$)
Urea fertilizer	0	23.7	-	-		-
	175	29.3	5.6	56000	1348	54652
	350	43.1	19.3	193000	2695	191305
	525	48.3	24.6	246000	4043	241957
	700	61.5	37.8	378000	5390	372610
	875	45.1	21.4	214000	6738	207262
Poultry manure	2700	23.4	-0.3	-3000	2700	-5700
	5152	33.5	9.8	98000	5152	92848
	7728	40.4	16.7	167000	7728	159272
	10304	53.5	29.8	298000	10304	287696
	12880	53.1	29.4	294000	12880	281120

در این محاسبات، قیمت هر کیلوگرم سیب‌زمینی ۱۰ هزار ریال، هر کیلوگرم کود اوره ۷/۷ هزار ریال و هر کیلوگرم کود مرغی هزار ریال در نظر گرفته شده، و هزینه‌های اضافی کودپاشی سرک در محاسبات منظور نشده است.

In these calculations, the price of each kilogram of potatoes is 10 thousand Rials, each kilogram of urea fertilizer is 7.7 thousand Rials and each kilogram of poultry manure is one thousand Rials, and the additional costs of top dressing fertilizer are not included in the calculations. IRR: Iranian Rial.

کود شیمیایی، ۸۴۹۱۴ هزار ریال نسبت به کود مرغی سود بیشتری به همراه داشت. با این حال باید توجه داشت که این سود اضافی در حالی به دست می‌آید که عوارض سوء زیست محیطی در اثر مصرف کود شیمیایی بسیار بالا است. درحالی‌که خدمات اکوسیستمی کودهای آلی از طریق بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک، افزایش تنوع زیستی و تقویت استراتژی k نسبت به استراتژی r و در نهایت ارتقای کیفیت محصول، بسیار حائز اهمیت و مورد توجه است (Herencia & Maqueda, 2016). همچنین باید به این موضوع نیز توجه داشت که مصرف کودهای آلی در طولانی‌مدت، توجیه اقتصادی خواهند داشت، چرا که عناصر غذایی کود آلی به‌تدریج و پیوسته در خاک آزاد و در دسترس گیاه زراعی قرار می‌گیرند؛ در نتیجه سودمندی آن بیش از یک فصل زراعی است و در سال‌های بعد از میزان مصرف آن‌ها به تدریج کاسته خواهد شد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که از میان دو مکان مورد بررسی، منطقه خرم‌آباد به دلیل داشتن شرایط اقلیمی معتدل و مناسب رشد و همچنین داشتن تعداد و وزن غده بیشتر در واحد سطح، ۱۲ درصدی (۴۳/۷ تن در هکتار) افزایش عملکرد نسبت به

شهرستان ازنا (۳۸/۹ تن در هکتار) داشت. به عبارتی در کشت بهاره، مناسب بودن دما و افزایش طول روز و شدت نور در دوره حجیم شدن غده‌ها، باعث استفاده بهینه از منابع و در نتیجه افزایش عملکرد شده است. علاوه بر این، افزایش مصرف نیتروژن، نه تنها عملکرد را افزایش نداد، بلکه به کاهش معنی‌دار عملکرد غده در واحد سطح نیز منجر شد. اگرچه بر اساس نتایج این آزمایش، کارایی زراعی مصرف نیتروژن در کود اوره بیشتر از کود مرغی بود، ولی با توجه به وجود اختلاف اندک در عملکردهای به دست آمده در بین دو نوع منبع نیتروژن، می‌توان دریافت که جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی به‌منظور دستیابی به امنیت غذایی و زنجیره غذایی کارآمد و پایدار، منطقی است، چراکه توازن تغذیه بوم نظام‌های زراعی، یکی از شاخص‌های اصلی زیست‌محیطی است که نقش اساسی در ارتباط با وضعیت کیفی آب و هوا دارد. همچنین با افزایش بیش از حد مطلوب نیتروژن، ضمن این‌که عملکرد به‌عنوان یک صفت اساسی کاهش یافت، کاهش میزان کارایی مصرف نیتروژن را نیز در پی داشت. بنابراین زارع سیب‌زمینی‌کار با کاربرد بی‌رویه کود نیتروژن، ضمن این‌که عملکرد را بالا نبرده است، هزینه ها را نیز افزایش داده است و از هر جنبه، به ضرر زارع و محیط زیست و کشور تمام شده است.

REFERENCES

1. Abbasi, A., Zabihi-Mahmoodabad, R., & Jamaati-Somarin, S. (2011). Study of nitrogen fertilizer effect on agronomic nitrogen use efficiency, yield and nitrate accumulation in potato tubers cultivars in Ardabil region (Iran). *Advances in Environmental Biology*, 5(4), 566-573.
2. Abde Emani, A., Khorshidi Benam, M.B., Hassanpanah, D., & Azizi, S. (2011). Effects of planting dates on yield and yield component of mini-tuber potato cultivars in Ardabil region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 5(18), 21-34.
3. Afshar, A., Neshat, A., & Afsharmanesh, G.H. (2011). The Effect of irrigation regime and manure on water use efficiency and yield of potato in Jiroft. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 1(1), 63-75 (In Persian).
4. Ahmed, A.A., Zaki, M.F., Shafeek, M.R., Helmy, Y.I., & Abd El-Baky, M. (2015). Integrated use of farmyard manure and inorganic nitrogen fertilizer on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(10), 325-349.
5. Amini, R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A. & Mahdavi, S. (2016). Effect of organic fertilizers in combination with chemical fertilizer on tuber yield and some qualitative characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agroecology*, 9(3), 734-748 (In Persian).
6. Amiri, Z., Asghari, J., & Penahi Kord aghari, K.H. (2009). Effect of irrigation regimes and fertilizer combinations on yield of two potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in Freidan (Esfehan). *Journal of Water and Soil Science*, 12(46), 177-186 (In Persian).
7. Anjana, S.U. & Iqbal, M. (2007). Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(1), 45-57.
8. Anonymous. (2016). Statistics of agriculture (Vol. 1): Ministry of Agriculur Jahad.
9. Atkinson, D., Geary, B., Stark, J., Love, S., & Windes, J. (2003). Potato varietal responses to nitrogen rate and timing. paper presented at the *Idaho Potato Conference on January*.
10. Awgchew, H., Gebremedhin, H., Taddesse, G., & Alemu, D. (2017). Influence of nitrogen rate on nitrogen use efficiency and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties at Debre Berhan, Central Highlands of Ethiopia. *International Journal of Soil Science*, 12, 10-17.
11. Banerjee, H., Rana, L., Ray, K., Sarkar, S., Bhattacharyya, K., & Dutta, S. (2016). Differential physiological response in potato (*Solanum tuberosum* L.) upon exposure to nutrient omissions. *Indian Journal of Plant Physiology*, 21(2), 129-136.
12. Bayati, E.A., Mirzaie-Nodoushan, H., & Bihamta, M. (2014). Correlation analysis of effective traits and their assessment on big tuber yield in potato. *Applied Field Crops Research*, 27(102), 180-189 (In Persian).
13. Bolandi, A. & Hamidi, H. (2015). Effects of row and plant spacing, and minituber weight on potato yield. *Journal of Plant Production Research*, 22(2), 137-155.
14. Carli, C., Yuldashev, F., Khalikov, D., Condori, B., Mares, V., & Monneveux, P. (2014). Effect of different irrigation regimes on yield, water use efficiency and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the Lowlands of Tashkent, Uzbekistan: A Field and Modeling Perspective. *Field Crops Research*, 163, 90-99.

15. Chung, H., Li, X., Kalinga, D., Lim, S., Yada, R., & Liu, Q. (2014). Physicochemical properties of dry matter and isolated starch from potatoes grown in different locations in Canada. *Food Research International*, 57, 89-94.
16. Darabi, A. & Eftekhari, A. (2014). Investigation in to the phenology stages, some growth indices and qualitative and quantitative characteristics of three potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 37(3), 53-67 (In Persian).
17. Diant, H., Barmaki, M., & Shahriari, R. (2014). Study of the relationship between yield and yield components of potato cultivars using correlation experiment and regression analysis under the influence of different levels of granular humic fertilizer. Paper presented at *the third national congress on organic and conventional agriculture,* Iran, Ardabil (In Persian).
18. Döring, T.F., Brandt, M., Heß, J., Finckh, M.R., & Saucke, H. (2005). Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. *Field Crops Research*, 94(2-3), 238-249.
19. Eleroğlu, H. & Korkmaz, K. (2016). Effects of different organic fertilizers on the yield and quality traits of seed potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(7), 566-578.
20. El-Sayed, S.F., Hassan, H.A., & El-Mogy, M. (2015). Impact of bio-and organic fertilizers on potato yield, quality and tuber weight loss after harvest. *Potato Research*, 58(1), 67-81.
21. Fontes, P., Braun, H., de Castro Silva, M.C., Silva Coelho, F., Cecon, P., & Partelli, F. (2016). Tuber yield prognosis model and agronomic nitrogen use efficiency of potato cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 10(7), 933.
22. Ghosh, U. (2017). Irrigated potato (*Solanum Tuberosum* L.) yield, quality response and nitrogen losses as influenced by nitrogen fertilizer management and cultivars (Doctoral dissertation, North Dakota State University).
23. Gorenjak, A., Urih, D., Langerholc, T., & Kristl, J. (2013). Nitrate content in potatoes cultivated in contaminated groundwater areas. *Journal of Food Research*, 3(1), 18-27.
24. Grange, G.R. (1972). United States standards for grades of potatoes. US Department of Agriculture Food Safety and Quality Service, Washington, DC.
25. Herencia, J.F. & Maqueda, C. (2016). Effects of time and dose of organic fertilizers on soil fertility, nutrient content and yield of vegetables. *The Journal of Agricultural Science*, 154(8), 1343-1361.
26. Hirel, B., G.J, L., Ney, B., & Gallais, A. (2007). The Challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: Towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany*, 58(9), 2369-2387.
27. Hlaysova, D., Tucek, J., & Turek, B. (1970). Effect of fertilizer on the content of nitrates in potatoes. Cesk. Hyg, 15, 203-207.
28. Jamaati-e-Samarin, Sh., Tobeh, A., Hashemimajd, K., & Shiri-e-Janagard, M. (2012). The Effect of Plant Density and Various Levels of Nitrogen on Protein Percent, Yield and Nitrate Accumulation in Potato Tuber. *Scientific Journal Management System*, 2(3), 151-164 (In Persian).
29. Jamshidi, A., Ahmadi, A., & Darvishi, B. (2014). Yield and quality of potato seed and edible tubers in response to different phosphorus levels and nitrogen application times. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(4), 489-498 (In Persian).
30. keyhani, A. & saneinjad, A. (2015). Growth and yield response to different nitrogen levels potato plant. *Journal of Crops Improvement*, 17(3), 583-593 (In Persian).
31. Khayatnezhad, M., Shahriari, R., Gholamin, R., Jamaati-e-Somarin, Sh., & Zabihi-e-Mahmoodabad, R. (2011). Correlation and path analysis between yield and yield components in potato (*Solanum tubersum* L.). *Journal of Scientific Research*, 7(1), 17-21.
32. Kumar, M., Gupta, V.K., Gogoi, M.B., Kumar, Sh., Lal, S.S. & Baishya, L. (2005). Effect of poultry manure on potato production under rainfed condition of meghalaya. *Potato Journal* 32(3-4), 242-250.
33. Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J., Six, J., & van Kessel, Ch. (2005). Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*, 87, 85-156.
34. Lambert, E.S., Pinto, C., & Menezes, C. (2006). Potato Improvement for Tropical Tonditions: I. Analysis of Stability. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6(2), 135-129.
35. Lamboro, A., Petros, Y., & Andargie, M. (2014). Correlation and path coefficient analysis between yield and yield components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Science Today*, 1(4), 196-200.
36. Lashanizand, M., Parvaneh, B., & Beiranvand, F. (2011). Climatic zoning of lorestan province using statistical methods and determining the most appropriate experimental method. *Natural Geography*, 11, 89-106 (In Persian).

37. Levy, D. & Veilleux, R. (2007). Adaptation of potato to high temperatures and salinity-a review. *American Journal of Potato Research*, 84(6), 487-506.
38. Lombardo, S., Monaco, A.L., Pandino, G., Parisi, B,. & Mauromicale, G. (2013). The phenology, yield and tuber composition of 'early'crop potatoes: A comparison between organic and conventional cultivation systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(1), 50-58.
39. Maji, S., Bhowmick, M., Basu, S., Chakraborti, P., Jena, S., Dutta, S.K., & Chakraborti, P.K. (2014). Impact of Agro-meteorological Indices on Growth and Productivity of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Eastern India. *Journal of Crop and Weed*, 10(2), 183-189.
40. Malakouti, M.J. (2005). Sustainable agriculture and yield increase through balanced fertilization. Iran: Ministry of Agriculture Jihad (In Persian).
41. Malhotra, S.K. (2017). Horticultural crops and climate change: A review. I*ndian Journal of Agricultural Sciences*, 87(1), 12-22.
42. Maltas, A., Dupuis, B., & Sinaj, S. (2018). Yield and quality response of two potato cultivars to nitrogen fertilization. *Potato Research*, 61(2), 97-114.
43. Monaghash, F., Maleki, A., & Zolnorian, H. (2015). Effect of application methods of vermicompost and chemical fertilizers on tuber yield and some morphological traits of potato (*Solanum tuberosum*). *Scientific Journal Management System*, 9(35(3)), 417-428 (In Persian)
44. Mousapour Gorji, A. & Hassanabadi, H. (2012). Analysis of growth and variation in trend of some raits of potato cv. agria in different planting dates. *Seed and Plant Production*, 28(2), 187-208 (In Persian).
45. Nurmanov, Y.T., Chernenok, V.G., & Kuzdanova, R.S. (2019). Potato in response to nitrogen nutrition regime and nitrogen fertilization. *Field Crops Research*, 231, 115-121.
46. Oustani, M., Halilat, M.T., & Chenchouni, H. (2015). Effect of poultry manure on the yield and nutriments uptake of potato under saline conditions of arid regions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(1), 106-120.
47. Parvizi , Kh., Souri, J., & Mahmoodi, R. (2011). Evaluation of cultivation date effect on yield and amount of tuber disorders of potato cultivars in hamadan province. *Journal of Horticulture Science*, 25(1), 89-93 (In Persian).
48. Rahman, M.M., Yasmine, F., Rahman, M.A., Ferdous, Z., & Kar, P.S. (2011). Performance of poultry bio-slurry as a source of organic manure on potato production. *Journal of Agroforestry and Environment*, 5, 81-84.
49. Rashidi, N., Arji, I., Gerdekaneh, M., & Kashi, A. (2014). The effect of organic manure and water super absorbent on tuber yield and yield components of potato (*Solanum tubersum*, cv. Marfona). *Plant Production Technology*, 5(2), 11-22 (In Persian)
50. Rees, H.W., Chow, T.L., Zebarth, B., Xing, Z., Toner, P., Lavoie, J., & Daigle, J.L. (2014). Impact of supplemental poultry manure application on potato yield and soil properties on a loam soil in North-Western New Brunswick. *Canadian Journal of Soil Science*, 94(1), 49-65.
51. Saeidi, M., Tobeh, A., Raei, Y., Roohi, A., Jamaati-e-Somarin, Sh., & Hassanzadeh, M. (2009). Evaluation of tuber size and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake and nitrate accumulation in potato tuber. Research. *Journal of Environmental Sciences*, 3(3), 278-284.
52. Setiyo, Y., Gunadnya, IB., Gunam, IB., Permana, I., Susrusa, I. & Triani, IL. (2016). Improving physical and chemical soil characteristic on potatoes (*Solanum tuberosum* L.) cultivation by implementation of leisa system. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 525-531.
53. Sharifi, M., Hajabbasi, M., Kalbasi, M., & Mobli, M. (2005). Root morphological characteristics and nitrogen uptake of eight potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Journal of Water and Soil Science*, 9(1), 181-193 (In Persian).
54. Sharifi, P., Izadpanah, U., Safarzad Vishekaei, M.N., & Tahmourespour, M.A. (2013). Effect of seed tuber size, nitrogen rate and harvest date on yield and yield components of potato. *Journal of Crops Improvement*, 15(2), 193-209 (In Persian).
55. Tabataba'i, J. (2014). Principles of mineral nutrition of plants: Tabriz University
56. Tein, B., Kauer, K., Eremeev, V., Luik, A., Selge, A., & Loit, E. (2014). Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. *Field Crops Research*, 156, 1-11.
57. Yarmohammadi, V., Sajedi, N., & Mirzachani, M. (2016). Effect of irrigation intervals, manure and zeolite traits of agronomical and yield of potato varieties Agria. New Finding in Agriculture, 9(2), 149-158 (In Persian).
58. Zandian, F. & Farina, A. (2016). The Effects of vermicompost and chicken manure on potato yield in Kermanshah. *Agroecology Journal*, 12(1), 25-32 (In Persian).

59. Zelalem, A., Tekalign, T., & Nigussie, D. (2009). Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Berhan, in the central highlands of Ethiopia. *African Journal of Plant Science*, 3(2), 016-024.
60. Zhou, Zh., Plauborg, F., Kristensen, K., & Andersen, M.N. (2017). Dry matter production, radiation interception and radiation use efficiency of potato in response to temperature and nitrogen application regimes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 232, 595-605.
61. Ziachehreh, M., Tawbah, A., Hassanpanah, D., & Jamaati, Sh. (2017). Evaluation of the correlation between the yield of drought-influenced regime in clones and potato varieties. Paper presented at the International Conference on Agricultural, Environmental and Natural Resources in the third millennium, Iran, Rasht (In Persian).
62. Zotarelli, L., Rens, L.R., Cantliffe, D.J., Stoffella, P.J., Gergela, D., & Burhans, D. (2015). Rate and timing of nitrogen fertilizer application on potato 'FL1867'. Part I: Plant nitrogen uptake and soil nitrogen availability. *Field Crops Research*, 183, 246-256.