

نشریه پژوهشی:

## تأثیر مدیریت تلفیقی نیتروژن بر شاخص‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی رقم ساوالان

عبدالستار دارابی<sup>۱\*</sup>، محمدرضا رفیع<sup>۲</sup>، شهرام امیدواری<sup>۲</sup>، مریم جوادزاده<sup>۳</sup> و وحید یعقوبی<sup>۴</sup>

۱. دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
  ۲. استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
  ۳. محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
  ۴. محقق، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۵)

### چکیده

به منظور مطالعه اثر مدیریت تلفیقی نیتروژن بر شاخص‌های رشد و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی رقم ساوالان این پژوهش براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۳) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهپهان اجرا شد. عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست، تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره، تیمارهای آزمایش بودند. نتایج آنالیز رشد مشخص نمود سرعت رشد اندام‌های هوایی و غده در مراحل اولیه رشد و نمو افزایش و پس از رسیدن به حداکثر کاهش یافت. به دلیل این که در بیشتر دوره‌های نمونه برداری سرعت رشد غده و محصول تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست از سایر تیمارها بیشتر بود، حداکثر عملکرد غده به این تیمار اختصاص یافت. مصرف ورمی کمپوست در هر دو تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست و تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد غده کل، غده قابل فروش، تعداد غده در بوته، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی زراعی مصرف نیتروژن و کاهش نترات غده در در مقایسه با تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره گردید. بر اساس نتایج این پژوهش تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق ورمی کمپوست و ۲۵ درصد از طریق اوره می‌تواند سبب افزایش عملکرد کمی سیب‌زمینی رقم ساوالان و افزایش درآمد کشاورزان در خوزستان شود.

**واژه‌های کلیدی:** اوره، سرعت رشد محصول، نسبت منفعت به هزینه، نترات، ورمی کمپوست.

## The impact of integrated management of nitrogen fertilizers on growth indices, yield and qualitative characteristics of potato (Savalan cultivar)

Abdulsattar Darabi<sup>1\*</sup>, Mohammad Reza Rafie<sup>2</sup>, Shahram Omidvari<sup>2</sup>, Maryam Javadzadeh<sup>3</sup> and Vahid Yaghubi<sup>4</sup>

1. Associate Professor, Seed and Plant Research Improvement Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran

2. Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran

3. Researcher, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran

4. Resercher, Agricultural Economics, Social & Extension Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran

(Received: May 13, 2020- Accepted: Sept. 26, 2020)

### ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the influence of integrated management of nitrogen fertilizers on growth, yield and quality characteristics of potato (*Solanum tuberosum* cv Savalan) in Behbahan Agriculture Research Stations from 2014 to 2016. This research was carried out in randomized complete block design including four treatments: lack of nitrogen fertilizer (control), plots that received 50% nitrogen from chemical fertilizer (as urea) plus 50% nitrogen from vermicompost (50%U+50%V), plots that received 75% nitrogen from chemical fertilizer plus 25% nitrogen from vermicompost (75%U+25%V), and plots that obtained 100% nitrogen from chemical fertilizer (100% urea) and three replications. The Results of growth analysis showed that the haulm and tuber growth rate increased during the early stages, while reached a maximum value, following decline in the late season. In the most sampling periods, the highest tuber and crop growth rate were recorded in 75% urea +25% vermicompost. Therefore the highest yield was observed in this treatment. Application of vermicompost significantly increased tuber number, total and marketable yield, nitrogen use efficiency and agronomic nitrogen use efficiency in 75% urea +25% vermicompost and 50% urea +50% vermicompost as compared with 100% urea. The tuber nitrate content in 75% urea +25% vermicompost and 50% urea +50% vermicompost was significantly lower than 100% urea. According to results, the yield and qualitative characteristics of potato (Savalan cultivar) and farmers' incomes can increase in Khuzestan province by supply of 75% required nitrogen fertilizer through urea and 25% nitrogen from vermicompost.

**Keywords:** Benefit to cost ratio, growth indices, nitrate, urea, vermicompost.

\* Corresponding author E-mail: darabi6872@yahoo.com

### مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به دلیل داشتن هیدروکربن‌های قابل هضم، پروتئین‌های حاوی لیزین که یک اسید آمینه ضروری مهم بوده که غالباً در محصولاتی مانند غلات و سبزیجات وجود ندارد ارزش غذایی فراوانی دارد (Darabi, 2020). اهمیت غذایی سیب‌زمینی تنها به دلیل انرژی‌زایی آن نبوده بلکه این محصول حاوی مقادیر قابل توجهی ویتامین‌های B<sub>6</sub>, C، فیبر و مواد معدنی همانند آهن، منیزیم، روی و مس نیز می‌باشد (Kolassa, 1993). سیب‌زمینی از نظر کارایی مصرف آب، عملکرد ماده خشک قابل مصرف، مقدار پروتئین و مواد معدنی در واحد سطح بر غلات برتری دارد (Birch et al., 2012). حاصلخیزی خاک و مصرف کودهای شیمیایی نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی از جمله سیب زمینی دارد (Souri, 2016; Souri et al., 2018). عملکرد و بازار پسندهای غده‌های سیب‌زمینی به مصرف کودهای نیتروژن دار بستگی دارد و کاهش یا افزایش مصرف نیتروژن رسیدگی محصول را به تاخیر انداخته و عملکرد سیب‌زمینی را کاهش می‌دهد (Najm et al., 2010). مصرف بی‌رویه نیتروژن در سیب‌زمینی موجب تجمع نیترات در سیب‌زمینی شده که در اثر فعل و انفعالات شیمیایی به ترکیباتی به نام نیتروز آمین، که سرطان زا هستند، تبدیل می‌شوند. بنابراین در تولید سیب زمینی همانند بسیاری از محصولات دیگر مدیریت مصرف نیتروژن اهمیت زیادی دارد (Subhash et al., 2011; Dehnavard et al., 2017). یکی از روش‌های کاهش تجمع نیترات در غده سیب‌زمینی مصرف کودهای آلی می‌باشد (Liron, 2009) که علاوه بر کاهش نیترات غده سیب‌زمینی سبب، بهبود ساختمان خاک شده، ظرفیت نگهداری آب خاک را افزایش داده و با فراهم نمودن مواد غذایی مورد نیاز موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌گردد (Poffley & McMahon, 2006). کاربرد توأم کودهای آلی و شیمیایی یک استراتژی موثر در جهت کاهش اثرات مضر کاربرد زیاد کودهای شیمیایی نیتروژنه می‌باشد. El-Sayed et al. (2015) گزارش نمودند که غده‌های سیب‌زمینی که با مواد آلی تغذیه شده‌اند در مقایسه با روش تغذیه متداول (فقط مصرف کود

شیمیایی نیتروژنه)، حاوی نیترات کمتر، ماده خشک، ویتامین C، اسیدهای آمینه و ترکیبات فنولیکی بیشتر می‌باشند.

منابع مواد آلی سنتی همچون کود حیوانی محدود بوده و جوابگوی نیاز روزافزون بخش کشاورزی به این مواد نمی‌باشد، از این رو استفاده از مواد زاید جامد آلی، بقایای کشاورزی و صنعتی به عنوان کود آلی رو به گسترش است. در بین کودهای آلی، کمپوست، یکی از منابع تولید نیتروژن می‌باشد. در سال‌های اخیر فرآیند تولید کمپوست با استفاده از کرم‌های خاکی کمپوست کننده برای تهیه ورمی کمپوست، به‌عنوان یک فن‌آوری آسان و یک فرآیند حامی طبیعت برای تهیه کودهای آلی از مواد زاید، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. ورمی کمپوست از لحاظ کیفی ماده‌ای با pH تنظیم شده و سرشار از مواد هیومیک و عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاه بوده که اثرات فراوانی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی دارد (Naiji & Souri, 2018).

سیب‌زمینی تولیدشده در مناطق معتدله کشور در پاییز و اوایل زمستان به مصرف رسیده و بعد از آن خلاء این محصول در بازار بوجود می‌آید. با کشت زمستانه سیب‌زمینی در مناطق گرم کشور می‌توان به پر نمودن این خلاء اقدام نمود. یکی از مناطق نیمه گرمسیری مناسب برای کشت سیب زمینی استان خوزستان می‌باشد. زراعت این محصول در سال‌های اخیر مورد استقبال کشاورزان منطقه قرار گرفته به گونه‌ای که سطح زیرکشت آن از ۳۴۷ هکتار در سال زراعی ۶۴-۱۳۶۳ هم‌اکنون به ۴۴۹۱ هکتار رسیده است (Ahmedi et al., 2019). هم‌زمان با افزایش سطح زیر کشت در چهار دهه اخیر، در راستای پاسخگویی به نیاز کشاورزان تحقیقات فراوانی در ارتباط با به‌نژادی و به‌زراعی سیب‌زمینی در خوزستان انجام گرفته است، ولی علی‌رغم این تحقیقات، تاکنون هیچ گزارشی در ارتباط با نقش منابع مختلف نیتروژن بر شاخص‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی این محصول در منطقه ارائه نشده است، در راستای کشاورزی پایدار این تحقیق به منظور مطالعه اثرات مدیریت تلفیقی نیتروژن بر شاخص‌های رشد، عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی تولیدی رقم ساوالان اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۳) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با ۳۶° عرض شمالی و ۵۰°:۱۴ طول شرقی اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم گرم و نیمه خشک با ارتفاع ۳۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. عدم مصرف نیتروژن، شاهد (Control)، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع کود شیمیایی اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست (50%urea+50%vermicompost)، تأمین ۷۵٪ نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع کود شیمیایی اوره و ۲۵٪ از منبع ورمی‌کمپوست (75% urea +25%vermicompost) و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع کود شیمیایی اوره (100% urea) تیمارهای آزمایش بودند. رقم مورد مطالعه در این آزمایش ساوالان بود.

قبل از انجام آزمایش در هر سال یک نمونه مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر از محل آزمایش و یک نمونه از ورمی‌کمپوست (با منبع کود گوسفند) تهیه و برخی از ویژگی‌های خاک و ورمی‌کمپوست اندازه‌گیری شد (جدول ۱ و ۲). میزان مصرف کود بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت و مقادیر آن ۴۶ کیلوگرم P2O5 و ۱۰۰ کیلوگرم K2O در هکتار بود که در هنگام تهیه زمین به‌طور یکنواخت پخش و با خاک مخلوط شدند. کود نیتروژنه لازم نیز به میزان ۱۶۱ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، نصف آن قبل از کاشت و بقیه در هنگام خاکدهی پای بوته در اختیار گیاهان قرار گرفت.

در دو تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع کود ورمی‌کمپوست، مقدار ورمی‌کمپوست مورد نیاز بر اساس درصد نیتروژن موجود در این ماده آلی تعیین و در هنگام تهیه بستر با خاک مخلوط گردید (Malakuti & Tehrani, 1999).

در تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، یک دوم کل نیتروژن مورد نیاز معادل ۸۰/۵ کیلوگرم نیتروژن

خالص درهکتار از منبع ورمی‌کمپوست تأمین گردید. مقدار ورمی‌کمپوست مصرف شده در این تیمار بر اساس درصد نیتروژن موجود در ورمی‌کمپوست در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب ۴۰۲۵ و ۵۳۶۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار بود. در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، یک چهارم کل نیتروژن مورد نیاز معادل ۴۰/۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص درهکتار از منبع ورمی‌کمپوست تأمین گردید. مقدار ورمی‌کمپوست مصرف شده در این تیمار بر اساس درصد نیتروژن موجود در ورمی‌کمپوست در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب ۲۰۱۲/۵۰ و ۲۶۸۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود.

کاشت غده‌های بذری جوانه‌دار در اواسط دی ماه صورت گرفت. در زمان کاشت، غده‌ها از نظر سن فیزیولوژیک در شرایط سنی چند جوانه‌ای، دارای ۳-۵ جوانه سبز رنگ ۱/۵-۱ سانتی‌متری بودند. بین کرت‌ها یک پشته نکاشت به منظور جلوگیری از انتقال نیتروژن از یک کرت به کرت مجاور منظور شد. نیتروژن غده و برگ با استفاده از روش کج‌دال (Bremner & Mulvancy, 1982) و میزان نیترات غده با استفاده از Keeney & Nelson (1982) تعیین گردید. برای تعیین درصد پروتئین غده، میزان نیتروژن غده در عدد ۶/۵۲ ضرب شد (Tkachuk, 1969). کارایی مصرف نیتروژن (Nitrogen Use Efficiency) و کارایی زراعی مصرف نیتروژن (Agronomic Nitrogen Use Efficiency) بر اساس روابط زیر محاسبه گردید (Zebarth et al., 2004):

$$\text{Nitrogen Use Efficiency} = Y_1/N_1$$

$$\text{Agronomic Nitrogen Use Efficiency} = (Y_1 - Y_0)/N_1$$

در این روابط  $Y_0$  و  $Y_1$  به ترتیب عملکرد محصول با و بدون مصرف نیتروژن و  $N_1$  میزان نیتروژن مصرفی می‌باشد.

یک هفته قبل از برداشت اندام‌های هوایی قطع و غده‌ها در اواخر اردیبهشت ماه برداشت شدند. به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد از ۱۵ روز بعد از سبز شدن بوته تا هنگام برداشت به فاصله ۱۵ روز، ۵ گیاه از هر کرت برداشت و وزن خشک اندام‌های هوایی و غده آنها یادداشت گردید. وزن خشک اندام‌های برداشت شده با

با نرم افزار MSTATC تجزیه واریانس مرکب انجام و میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای محاسبه شاخص-های رشد و رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### آنالیز رشد

#### روند تجمع ماده خشک

#### اندام‌های هوایی

در اولین نمونه‌برداری (۱۵ روز بعد از سبز شدن بوته) میزان ماده خشک اندام‌های هوایی در تیمارهای عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به ترتیب ۰.۲۳/۳۳، ۰.۴۹/۴۴، ۰.۴۸ و ۰.۳۶ گرم در متر مربع بود. تا ۷۵ روز بعد از سبز شدن بوته روند تغییرات ماده خشک اندام‌های هوایی در کلیه تیمارها صعودی بود. حداکثر مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی به تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست مربوط بود. در آخرین نمونه‌برداری به دلیل مسن شدن برگ‌ها و افزایش بافت-های غیر فتوسنتزی این اندام، میزان فتوسنتز و رشد اندام‌های هوایی کاهش یافت. علاوه بر این قوی‌تر بودن غده‌ها برای جذب مواد غذایی و انتقال بیشتر مواد غذایی به این اندام سبب گردید که مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی در کلیه تیمارها کاهش یابد (شکل ۱). کاهش تجمع ماده خشک اندام‌های هوایی در اواخر دوره رشد و نمو توسط Darabi & Salehi (2015) نیز گزارش شده است.

قرار دادن این اندام‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت تعیین شد. هنگامی که قطر قسمت متورم انتهای استولون دو برابر قطراستولون گردید به عنوان زمان تشکیل غده تلقی شد (Ewing & Struik, 1992). شاخص‌های رشد با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$HGR = (1/GA) (H_2 - H_1) / (T_2 - T_1).$$

HGR سرعت رشد اندام هوایی برحسب گرم در روز در مترمربع،  $H_1$  و  $H_2$  وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان  $T_1$  و  $T_2$  و  $GA$  سطح زمین پوشیده‌شده توسط گیاه

$$TUGR = (1/GA) (TU_2 - TU_1) / (T_2 - T_1).$$

TUGR سرعت رشد غده برحسب گرم در روز در

مترمربع،  $TU_1$  و  $TU_2$  وزن خشک غده در زمان  $T_1$  و  $T_2$

$$CGR = (1/GA) (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1).$$

CGR سرعت رشد محصول برحسب گرم در روز در

مترمربع،  $W_1$  و  $W_2$  وزن خشک گیاه در زمان  $T_1$  و  $T_2$

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1).$$

RGR سرعت رشد نسبی گیاه برحسب گرم در

گرم در روز (Tekalig & Hammes, 2005).

برای ارزیابی سودمندی اقتصادی تیمارها از شاخص نسبت منفعت به هزینه استفاده گردید. این معیار نسبت مجموع ارزش کنونی منفعت‌ها را به مجموع ارزش حال هزینه‌ها در نرخ تنزیل معین محاسبه می‌کند:

$$B/C = [\sum B_i / (1+r)^i] / [\sum C_i / (1+r)^i]$$

در این فرمول‌ها  $B$ ،  $C$  و  $r$  به ترتیب منافع و هزینه‌های طرح و نرخ تنزیل را نشان می‌دهند (Salamati & Yaghubi, 2012). در پایان بر روی عملکرد کل، عملکرد قابل فروش (عملکرد کل منهای غده‌های ریز، غده‌های ترک خورده، غده‌هایی با رشد ثانویه و غده‌های گندیده) و سایر صفات اندازه‌گیری شده

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت در دو سال آزمایش.

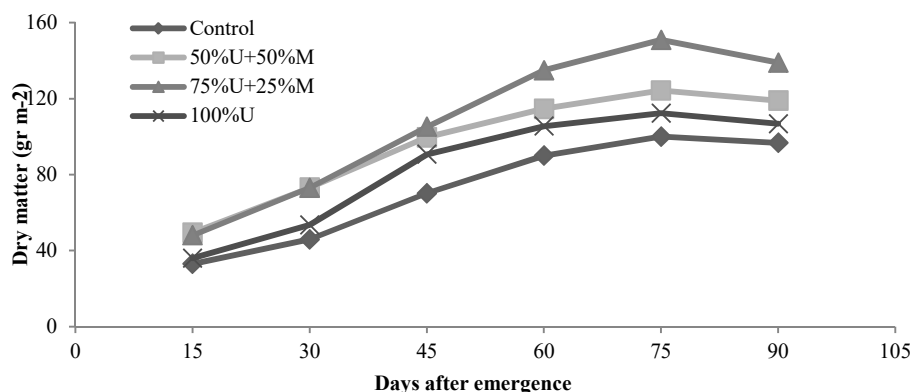
Table 1. Some physical and chemical properties of soil before planting in two years of experiment.

Year	Texture	EC (ds m <sup>-1</sup> )	pH	Available P (mg kg <sup>-1</sup> )	Available K (mg kg <sup>-1</sup> )	Organic Carbon (%)
2015	Silty clay loam	2.3	7.8	8.9	279	0.70
2016	Silty clay loam	2.2	7.7	7.9	269	0.80

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست در دو سال آزمایش.

Table 2. Some chemical properties of vermicompost (two years of experiment).

Year	EC (ds m <sup>-1</sup> )	pH	Total P (%)	Total K (%)	Total N (%)	Organic matter (%)
2015	3.2	6.7	3.5	1	2	30
2016	2.1	7.4	3	1	1.5	26



شکل ۱. روند تجمع ماده خشک هوایی در اندام های هوایی سیب زمینی در منابع مختلف نیتروژن.  
Figure 1. Trend of potato haulm dry matter accumulation with different nitrogen sources.

### غده

در اولین نمونه برداری (۱۵ روز بعد از سبز شدن بوته) میزان ماده خشک غده در تیمارهای عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰٪ نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست، تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به ترتیب ۵/۷۳، ۱۰/۸۲ و ۷/۶۴ و ۴/۵۶ گرم در متر مربع بود. حداکثر مقدار ماده خشک غده به تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست تعلق داشت (شکل ۲). با احتساب ۱۵ روز برای غده زایی، مدت زمان حجیم شدن غده در این تحقیق ۶۰ روز بود که در صورت مساعد بودن شرایط اقلیمی برای تولید محصول مناسب کافی می باشد (Darabi & Eftekhari, 2014)، اما با وجود این موضوع مقدار ماده خشک غده در این پژوهش، حتی در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست، در مقایسه با مقدار ماده خشک غده در پژوهش Mousapour Gorji & Hassanabadi (2012) پایین می باشد. دلیل این موضوع را می توان به بالا بودن دما در بخش قابل توجهی از دوره حجیم شدن غده نسبت داد. بالا بودن دما رشد اندام های هوایی را تحریک می کند. بنابراین در چنین شرایطی مواد حاصل از فتوسنتز به جای انتقال به غده، به اندام های هوایی منتقل و صرف رشد شاخ و برگ و نیز تنفس گیاه می شوند و در نتیجه رشد غده و

عملکرد کاهش خواهد یافت (Kazemi *et al.*, 2011). این نتایج با گزارش Levy & Veilleux (2007) که دمای بهینه برای رشد غده ۱۸-۱۵ درجه سانتی گراد است مطابقت دارد.

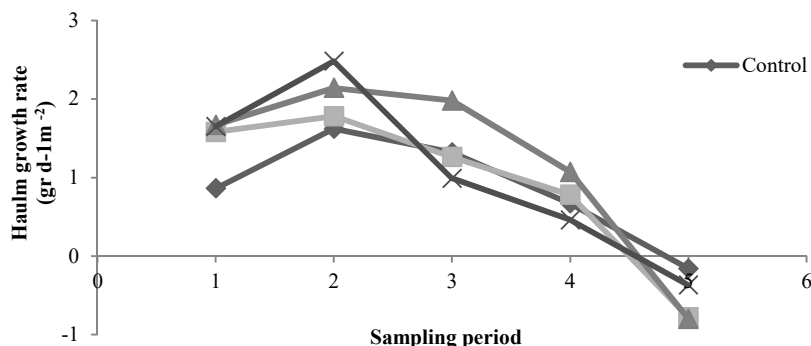
### گیاه

در اولین نمونه برداری میزان ماده خشک گیاه در تیمارهای عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست، تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست و تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به ترتیب ۳۸/۷۶، ۶۰/۳۶، ۵۵/۶۴ و ۴۰/۵۶ گرم در متر مربع بود. اگر چه در آخرین نمونه برداری میزان ماده خشک در اندام های هوایی در کلیه تیمارها کاهش یافت اما به دلیل اینکه در این مدت میزان افزایش ماده خشک غده در همه تیمارها از کاهش مقدار ماده خشک اندام های هوایی بیشتر بود، روند تغییرات تجمع ماده خشک گیاه تا هنگام برداشت صعودی شد. در این بررسی حداکثر تجمع ماده خشک گیاه به تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست تعلق داشت (شکل ۳). به همین دلیل بیشترین عملکرد غده توسط این تیمار تولید گردید. چنین ارتباطی بین تجمع ماده خشک گیاه و عملکرد غده توسط Darabi & Eftekhari (2014) نیز گزارش شده است.

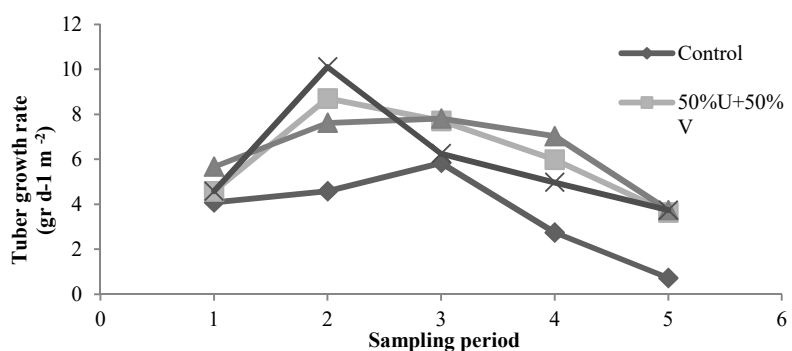


تجمع ماده خشک غده به تیمار تامین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست اختصاص یافت. ارزیابی عملکرد غده در این دو تیمار مشخص نمود که عملکرد تیمار تامین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست از تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به طور معنی داری بیشتر است (جدول ۴). بنابر این هماهنگ با گزارش Mousapour Gorji & Hassanabadi (2012) می توان نتیجه گیری نمود که اختلاف در سرعت رشد غده در این دو تیمار سبب اختلاف در عملکرد گردیده و سرعت رشد بیشتر غده، عملکرد بالاتری را نیز به دنبال داشته است. علی رغم متوقف شدن رشد رویشی و کاهش وزن اندام های هوایی در اواخر دوره رشد و نمو گیاه، رشد غده در همه تیمارهای مورد بررسی با سرعت متفاوت، تا هنگام برداشت افزایش یافت که دلیل آن را می توان به باز جذب مواد ذخیره شده در

کاهش یافت (شکل ۵). این نتایج با گزارش *et al.* Kleinkopf (2003) که معمولا سرعت رشد غده در اواخر دوره رشد و نمو افزایش نمی یابد همخوانی دارد. چنین روندی در مورد تغییرات سرعت رشد غده توسط Darabi & Salehi Mohammadi (2015) نیز مشاهده شده است. بررسی روند تغییرات سرعت رشد غده و اندام های هوایی مشخص نمود هنگامی که سرعت رشد غده به حداکثر خود می رسد، سرعت رشد اندام های کاهش می یابد، دلیل این موضوع رقابت بین اندام های هوایی و غده برای جذب آسمیلات ها و قوی تر بودن غده برای هدایت و جذب بیشتر این مواد به سمت خود می باشد (Rowe, 1993). اگرچه در این بررسی حداکثر سرعت رشد غده به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره مربوط بود. ولی با توجه به اینکه در دوره های نمونه برداری اول، سوم و چهارم این شاخص در تیمار تامین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست از تیمار مزبور بیشتر بود، حداکثر



شکل ۴. روند تغییرات سرعت رشد اندام های هوایی سیب زمینی در منابع مختلف نیتروژن.  
Figure 4. Changes trend of potato haulm growth rate with different nitrogen sources.



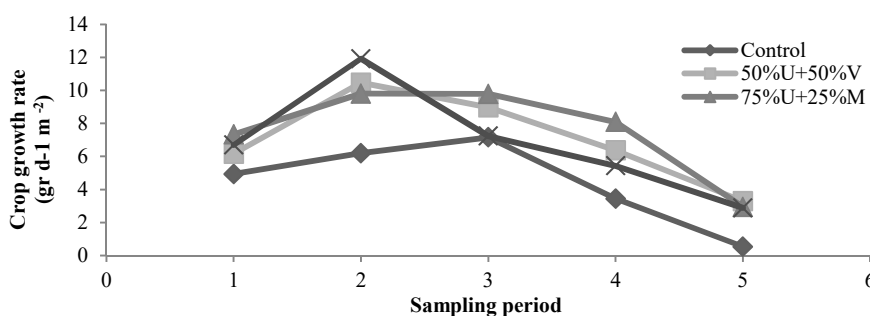
شکل ۵. روند تغییرات سرعت رشد غده سیب زمینی در منابع مختلف نیتروژن.  
Figure 5. Changes trend of potato tuber growth rate with different nitrogen sources.

## سرعت رشد محصول

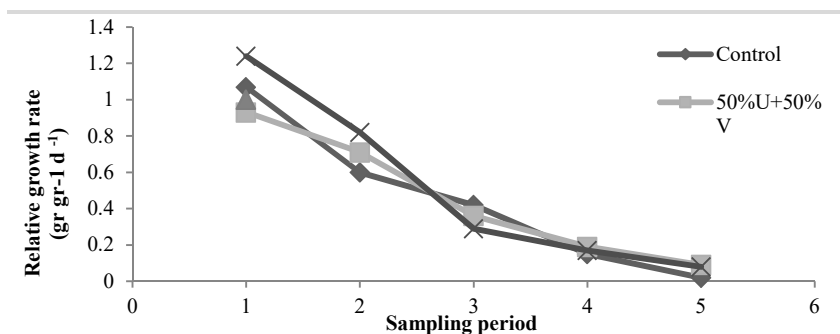
در اولین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد محصول در تیمارهای عدم مصرف نیتروژن، تامین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، تامین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به ترتیب ۴/۹۴، ۶/۱۶، ۷/۳۳ و ۶/۶۹ گرم در روز در متر مربع بود. با افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش جذب نور، سرعت رشد محصول افزایش یافت. حداکثر سرعت رشد محصول در تیمارهای عدم مصرف نیتروژن، تامین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، تامین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به ترتیب به ۷/۱۶، ۱۰/۴۷، ۹/۷۹ و ۱۱/۹۲ گرم در روز در متر مربع رسید. هماهنگ با گزارش Al-Mahmud *et al.* (2014) در اواخر دوره رشد و نمو به علت کاهش رشد رویشی و در سایه قرار گرفتن برگ‌های پیر، سرعت رشد محصول سیر نزولی داشت (شکل ۶).

## سرعت رشد نسبی

حداکثر سرعت رشد نسبی در کلیه تیمارهای مورد مطالعه در دوره اول نمونه‌برداری مشاهده شد. بیشترین سرعت رشد نسبی گیاه به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره تعلق داشت. از دوره دوم نمونه‌برداری این شاخص کاهش یافت (شکل ۷). کاهش سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه به این دلیل است که با افزایش سن، بافت‌هایی که به اندام‌های هوایی گیاه اضافه می‌شوند بافت‌های ساختمانی هستند که نقشی در رشد گیاه ندارند. علاوه بر این، کاهش سرعت رشد نسبی تا حدودی مربوط به در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایین‌تر گیاه می‌باشد (Koocheki *et al.*, 1995). افزایش قابل توجه وزن غده، بافت غیر فتوسنتزی، در اواخر دوره رشد و نمو گیاه از علل دیگر کاهش این شاخص گیاه می‌باشد (Darabi & Eftekhari, 2014). کاهش سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه توسط محققان مختلف از جمله Mousapour (2016) و Mompie *et al.* (2012) Gorji & Hassanabadi نیز گزارش شده است.



شکل ۶. روند تغییرات سرعت رشد محصول سیب‌زمینی در منابع مختلف نیتروژن.  
Figure 6. Changes trend of potato crop growth rate with different nitrogen sources.



شکل ۷. روند تغییرات سرعت رشد نسبی سیب‌زمینی در منابع مختلف نیتروژن.  
Figure 7. Changes trend of potato crop growth rate with different nitrogen sources.



## عملکرد و صفات کیفی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مرکب مربوط به عملکرد غده کل نشان داد که اثر سال و اثر منبع کود بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل سال و منبع کود بر این صفت معنی‌دار نشد. کمترین عملکرد غده کل به تیمار عدم مصرف نیتروژن مربوط بود. عملکرد هر دو تیمار تأمین ۷۵٪ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۵). مشابه با این نتایج (2007) Nyiraeza & Snapp نیز گزارش نمودند تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع مواد آلی در مقایسه با تأمین همه نیتروژن مورد نیاز از منبع کودهای شیمیایی سبب افزایش عملکرد غده کل شده است. علت افزایش عملکرد غده کل در ترکیب ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی را می‌توان به مزایای فراوان این ماده از جمله بهبود خصوصیات فیزیکی (ظرفیت نگهداری آب، تخلخل و تهویه)، شیمیایی (pH و فراهمی عناصر غذایی)، افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و تولید هورمون‌های رشد نسبت داد (Models et al., 2007).

در سیب‌زمینی علاوه بر عملکرد غده کل، عملکرد غده قابل فروش نیز بسیار مهم است زیرا ممکن است درصد قابل توجهی از غده‌ها به‌علل گوناگون از جمله گندیدگی، ریز بودن و یا عارضه فیزیولوژیکی رشد ثانویه قابلیت عرضه به بازار را نداشته باشند، به همین

دلیل در این پژوهش علاوه بر عملکرد غده کل، عملکرد غده قابل فروش نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج این ارزیابی مشخص نمود روند تغییرات عملکرد غده قابل فروش تیمارهای آزمایشی کاملاً مشابه با عملکرد غده کل این تیمارها بود (جدول ۴). تعداد غده در بوته بستگی به تعداد ساقه تولید شده توسط بوته و شرایط محیطی در هنگام غده زایی دارد (Kleinkopf et al., 2003) اثر منبع کود بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. ولی اثر سال و اثر متقابل سال و منبع کود بر این صفت معنی‌دار نبود. مصرف ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار تعداد غده در بوته گردید (جدول ۴)، هماهنگ با نتایج این پژوهش (2015) Keisham et al. نیز تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست را در افزایش تعداد غده در بوته گزارش نموده‌اند. دلیل افزایش تعداد غده با مصرف ورمی‌کمپوست را می‌توان به نقش این ماده آلی در افزایش تعداد ساقه اصلی نسبت داد. با افزایش تعداد ساقه، سطح برگ و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش خواهد یافت که به همین دلیل امکان رشد و نمو برای تعداد بیشتری غده فراهم می‌شود (جدول ۴).

تأثیر سال و منبع کود بر متوسط وزن غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سال و منبع کود بر این صفت معنی‌دار نشد. همانند تعداد غده در بوته، کمترین متوسط وزن غده به تیمار عدم مصرف نیتروژن تعلق داشت. در میان سه تیمار دیگر، کمترین این صفت به تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست که بیشترین تعداد غده در بوته را تولید نموده بود، اختصاص یافت.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره بر برخی صفات سیب‌زمینی.

Table 4. Mean comparison effect of nitrogen fertilizer lack, plots that received 50% nitrogen from urea plus 50% nitrogen from vermicompost, plots that received 75% nitrogen from urea plus 25% nitrogen from vermicompost and plots that obtained 100% nitrogen from urea on some traits of potato.

Nitrogen sources	Total tuber yield (t ha <sup>-1</sup> )	Marketable tuber yield (t ha <sup>-1</sup> )	Mean tuber number	Mean tuber weight (g)
Control	14.49c	12.34c	5.10b	56.29c
50% U+50%V	24.99a	22.64a	6.50a	74.04b
75% U+25%V	25.24a	22.52a	6.13a	85.28a
100% U	22.39b	18.56b	5.23b	82.10a

در هر ستون حروف یکسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other.

کاهش متوسط وزن غده در این تیمار در مقایسه با تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره معنی‌دار بود (جدول ۴). وجود رابطه منفی بین تعداد و وزن غده توسط Darabi (2013) نیز گزارش شده است.

ارزیابی نیتروژن برگ مشخص نمود اثر سال و اثر منبع کود بر درصد نیتروژن برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سال و منبع کود بر این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین نیتروژن برگ در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره مشاهده گردید. کاهش نیتروژن برگ در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار مزبور معنی‌دار نبود (جدول ۵). در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، ۲۵ درصد نیتروژن به شکل آلی مصرف شده است و همه این نیتروژن در طی رشد و نمو گیاه به شکل معدنی و قابل جذب برای گیاه تبدیل نشده است (Zhang et al., 2006). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود علی‌رغم کمتر بودن نیتروژن قابل جذب در دوره رشد و نمو گیاه در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره، اختلاف معنی‌داری بین میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاهان در این دو تیمار مشاهده نشده است. علت این موضوع را می‌توان به تاثیر ورمی‌کمپوست در بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک که سبب افزایش نیتروژن قابل جذب از منبع خاک برای گیاه در این تیمار شده است، نسبت داد (Ouedraogo et al., 2006). در تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست که بیشترین میزان ورمی‌کمپوست در بین همه تیمارهای آزمایشی مصرف گردید، میزان نیتروژن برگ در مقایسه با تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن

مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه در سطح احتمال یک درصد کمتر بود (جدول ۵) که علت آن مسئله را می‌توان چنین توجیه نمود، هرچند ورمی‌کمپوست اثرات مثبتی در تأمین نیتروژن قابل جذب برای گیاه از منبع خاک دارد، ولی به دلیل بالابودن سهم نیتروژن آلی در تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و کند بودن فرآیند معدنی‌شدن نیتروژن، میزان نیتروژن قابل جذب برای گیاه در این تیمار کمتر از دو تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره بوده است (Zhang et al., 2006).

اثر سال و منبع کود بر درصد نیتروژن غده به‌ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار گردید ولی اثر متقابل سال و منبع کود بر این صفت معنی‌دار نشد. روند تغییرات نیتروژن برگ و غده مشابه بود که این موضوع بیان‌کننده این مطلب است که متناسب با نیتروژن قابل دسترس در ناحیه ریزوسفر ریشه، این عنصر توسط ریشه جذب و سپس به برگ و غده منتقل می‌شود. مطابق با گزارش Taye (2011) در این پژوهش نیز اختلاف نیتروژن غده در دو تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع اوره معنی‌دار نبود (جدول ۵).

مصرف کود نیتروژن علاوه بر عملکرد غده سیب زمینی، کیفیت غده‌های تولیدی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. مصرف نیتروژن می‌تواند با افزایش درصد نیتروژن غده‌ها و تبدیل آنها به پروتئین موجب بهبود ارزش غذایی غده‌ها شود.

با توجه به این‌که درصد پروتئین غده ضریبی از درصد نیتروژن غده است، روند تغییرات پروتئین غده کاملاً مشابه با روند تغییرات نیتروژن غده بود. یعنی این‌که استفاده از ورمی‌کمپوست به‌عنوان تأمین‌کننده بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه، سبب کاهش

این آزمایش با افزایش میزان نیتروژن معدنی نیترات غده افزایش یافت (جدول ۵). مطالعات Jarych-Szyska (2006) نیز مشخص نمود که افزایش نیتروژن معدنی سبب افزایش تجمع نیترات شده است. کاهش میزان نیترات در سیبزمینی با مصرف مواد آلی توسط Liroon (2009) نیز گزارش شده است. درباره میزان مصرف نیتروژن در سیبزمینی که منجر به تجمع نیترات بیش از حد مجاز، ۱۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک، می‌شود گزارشات متناقضی ارائه شده است. در این رابطه Wierzbicka *et al.* (2008) مصرف ۵۰ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار و Janowiak *et al.* (2009) مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را توصیه نمودند. در این پژوهش با مصرف ۱۶۱ نیتروژن در هکتار میزان نیترات غده (۱۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم غده) از حد مجاز فراتر نرفت (جدول ۵). هماهنگ با این نتایج Prosba (1996) گزارش نمود با مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار غلظت نیترات از حد مجاز فراتر نرفته است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که میزان مصرف مجاز نیتروژن در سیب زمینی به رقم و شرایط اقلیمی بستگی دارد (Poberezny *et al.*, 2015). هم‌چنین فرم نیتروژن کاربردی نیز تأثیر بسزایی در تجمع نیترات در گیاهان دارد و از این نظر فرم‌های آلی و احیایی نیتروژن منجر به تجمع نیترات به مراتب کمتری نسبت به فرم‌های معدنی و اکسیدی نیتروژن می‌گردند (Souri *et al.*, 2019; Souri *et al.*, 2017) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

پروتئین غده گردید، هر چند که این کاهش در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن از منبع اوره معنی‌دار نبود (جدول ۵). کاهش پروتئین غده در اثر مصرف مواد آلی توسط Burt *et al.* (1993) نیز گزارش شده است. در غده سیبزمینی نیتروژن می‌تواند به اشکال مضر همانند نیترات و یا گلیکوکالکالوئید (سولانین) تجمع یابد (Hamouz *et al.*, 2005).

نیترات مضر نبوده ولی تحت تاثیر آنزیم‌های هضم کننده به نیتريت تبدیل شده که نیتريت نیز می‌تواند به ترکیبات ان- نیترو تبدیل شود. این ترکیبات سبب تبدیل هموگلوبین به مت‌هموگلوبین می‌شوند. میزان مجاز جذب نیترات و نیتريت برای یک فرد بالغ ۷۰ کیلوگرمی در روز به ترتیب ۲۶۰ و ۴۹ میلی‌گرم می‌باشد. چنانچه میزان جذب نیترات از ۸-۱۱ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن افزایش یابد، کشنده است (Burt *et al.*, 1993). از نظر تجمع نیترات در بین سبزیجات، سیبزمینی یک محصول خطرناک تلقی می‌شود (Murawa *et al.*, 2008). مقدار مجاز نیترات در غده سیبزمینی ۱۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غده می‌باشد (Noorbaksh *et al.*, 2003). دو عامل مهم و تاثیر گذار بر میزان نیترات، رقم و کوددهی نیتروژن می‌باشند. نتایج تجزیه واریانس مشخص نمود اثر منبع کود و اثر متقابل سال و منبع کود بر میزان نیترات غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. اثر سال بر این صفت معنی‌دار نشد. در

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره بر برخی صفات سیبزمینی.

Table 5. Mean comparison effect of nitrogen fertilizer lack, plots that received 50% nitrogen from urea plus 50% nitrogen from vermicompost, plots that received 75% nitrogen from urea plus 25% nitrogen from vermicompost and plots that obtained 100% nitrogen from urea on some traits of potato.

Nitrogen sources	Leaf nitrogen content (%)	Tuber nitrogen content (%)	Tuber protein content (%)	Tuber nitrate content (ppm)	Tuber dry matter content (%)
Control	3.32c	1.46c	9.11c	74.70d	19.04a
50% U+50%V	3.82b	1.56b	10.28b	91.85c	19.23a
75% U+25%V	4.00ab	1.72ab	10.79ab	107.60b	19.19a
100% U	4.11a	1.78a	11.13a	134.00a	20.00a

در هر ستون حروف یکسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other.

مصرف هر واحد نیتروژن در کرت‌هایی که نیتروژن مصرف شده نسبت به کرت‌هایی که نیتروژن مصرف نشده است می‌باشد (Sinebo *et al.* 2004). همانند کارایی مصرف نیتروژن، تامین بخشی از نیتروژن از منبع ورمی‌کمپوست در هر دو تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست سبب افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن در مقایسه با تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره گردید (جدول ۶). افزایش کارایی زراعی نیتروژن با مصرف توام کودهای آلی و شیمیایی توسط Sikora & Enkiri (2000) نیز گزارش شده است.

با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین عملکرد غده کل و غده قابل فروش در دو تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست به هزینه برای مشخص شدن تیمار برتر استفاده گردید. بررسی این شاخص بر اساس نرخ‌های تنزیل مورد بررسی نشان داد که بیشترین نسبت منفعت به هزینه به تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع ورمی‌کمپوست و ۲۵ درصد از منبع اوره تعلق داشته و از نظر اقتصادی این تیمار بر تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست برتری دارد (جدول ۷).

در این تحقیق اثر سال، منبع کود و اثر متقابل این دو عامل بر درصد ماده خشک غده معنی‌دار نشد (جدول ۵). هماهنگ با نتایج این تحقیق، Alam *et al.* (2007) نیز گزارش نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک غده نداشته است.

کارایی مصرف نیتروژن بیانگر تولید محصول به ازای هر واحد نیتروژن می‌باشد (Moll *et al.*, 1982). بهبود کارایی مصرف نیتروژن یکی از ارکان مهم کشاورزی پایدار می‌باشد. خارج شدن نیترات از منطقه گسترش ریشه سبب آلودگی آب‌های زیر زمینی و افزایش هزینه تولید می‌گردد (Souri *et al.*, 2019). تامین بخشی از نیتروژن از منبع ورمی‌کمپوست در هر دو تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن در مقایسه با تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره گردید (جدول ۶). Nyiraeza & Snapp (2007) نیز گزارش نمودند کاربرد توام مواد آلی و کود شیمیایی سبب بهبود کارایی مصرف نیتروژن در سیب‌زمینی شده است. Lynch *et al.* (2008) گزارش نمودند بهبود کارایی مصرف نیتروژن در اثر کاربرد مواد آلی در سیب‌زمینی نتیجه تاثیر مثبت این ماده در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نتیجه کاهش آیشویی نیترات می‌باشد. کارایی زراعی نیتروژن بیانگر افزایش میزان عملکرد غده (برحسب کیلوگرم در هکتار) به ازای

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی‌کمپوست، ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی‌کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره بر برخی صفات سیب‌زمینی.

Table 6. Mean comparison effect of nitrogen fertilizer lack, plots that received 50% nitrogen from urea plus 50% nitrogen from vermicompost, plots that received 75% nitrogen from urea plus 25% nitrogen from vermicompost and plots that obtained 100% nitrogen from urea on some traits of potato.

Nitrogen sources	Nitrogen use efficiency	Agronomic nitrogen use efficiency
	(kg tuber N kg <sup>-1</sup> )	(kg tuber N kg <sup>-1</sup> )
50% U+50%V	156.40a	65.01a
75% U+25%V	158.30a	64.92a
100% U	139.20b	48.69b

در هر ستون حروف یکسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other.

جدول ۷. نسبت منفعت به هزینه طرح بر اساس نرخ های تنزیل مورد بررسی در عدم مصرف نیتروژن، تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست، ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست و تأمین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره در سیب زمینی.

Table 7. Benefit to cost ratio based on studied discount rate in nitrogen fertilizer lack, plots that received 50% nitrogen from urea plus 50% nitrogen from vermicompost, plots that received 75% nitrogen from urea plus 25% nitrogen from vermicompost and plots that obtained 100% nitrogen from urea in potato.

Nitrogen sources	Discount rate					Ranking
	12%	15%	18%	25%	30%	
Control	1.14	1.09	1.12	1.14	0.96	4
50% U+50%V	1.35	1.42	1.45	1.48	1.10	3
75% U+25%V	1.44	1.51	1.54	1.57	1.36	1
100% U	1.41	1.48	1.51	1.54	1.20	2

### نتیجه گیری کلی

نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست و تأمین ۵۰٪ نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست معنی دار نبود ولی با توجه به این که نسبت منفعت به هزینه در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست در مقایسه با تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست بیشتر بود، به منظور کسب حداکثر درآمد کشاورزان تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست به عنوان تیمار برتر آزمایش معرفی می شود.

بر اساس نتایج این پژوهش می توان نتیجه گیری نمود مصرف ورمی کمپوست در هر دو تیمار تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۲۵ درصد از منبع ورمی کمپوست و تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره و ۵۰ درصد از منبع ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد غده کل و عملکرد غده قابل فروش، تعداد غده در بوته، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی زراعی مصرف نیتروژن و کاهش نترات غده در مقایسه با تیمار تأمین ۱۰۰٪ نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره گردید. اگر چه اختلاف عملکرد غده کل و عملکرد غده قابل فروش در دو تیمار تأمین ۷۵ درصد

### REFERENCES

- Ahmadi, K., Abadzadeh, H., Hatemi, P., Abdeshah, H. & Kazemian, H. (2019). *Agricultural statistics, first volume-horticultural and field crop*, 2016-17. Ministry of Jihad-e- Agriculture, Programing and Economic Deputy, Statistics and Information Technology Office. pp.68. (In Farsi).
- Alam, M. N., Jahan, M. S., Ali, M. K., Ashraf, M. A. & Islam, M.K. (2007). Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in baring soils of Bangladesh. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (12), 1897-1888.
- Al-Mahmud, A., Altaf, H., Abdullah, A., Shamimuzzaman, E. H., Shafiur, R., Shawquat, A. K. & Bazzaz, B. (2014). Plant canopy, tuber yield and growth analysis of potato under moderate and severe drought condition. *Journal of Plant Science*, 2 (5), 201-208.
- Birch, P. R., Bryan, G., Fenton, B., Gilroy, E. M., Hein, I., Jones, J. T., Prashar, A., Taylor, Torrance, M. A. L., & Toth, I. K. (2012). Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? *Food Security*, 4 (4), 477-508.
- Bremner, J. M. & Mulvancy, C. S. (1982). Nitrogen-Total. In: D.R. Page (Ed), *Methods of soil analysis*. Part 2: Chemical and microbiological properties. (pp. 595-624.). American Society of Agronomy, Inc. Madison.
- Burt, T. P., Heathwaite, A. L. & Trudgill, S. T. (1993). *Nitrate: Process, pattern and management*. p. 10-28. Wiley, Chichester, England.
- Darabi, A. (2013). Effect of planting date on total and marketable yield of potato cultivars in Khuzestan province in Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 29-2 (3), 369-386.
- Darabi, A. (2017). Study on the agro-meteorological indices at different phenological stages and growth analysis of new potato genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 18 (3), 271-286. (In Farsi).

9. Darabi, A. (2020). Study on the agro-meteorological indices at different phenological stages and yield of new potato cultivars in winter planting. *Iranian Journal of Horticultural Science* 50 (4), 769-778. (In Farsi).
10. Darabi, A., & Eftekhari, S. A. (2014). Investigaton the phenology stages and some growth indices of three potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Plant Production. Agronomy, Breeding and Horticulture (Scientific Journal of Agriculture)*, 37 (2), 53-68. (In Farsi).
11. Darabi, A. & Salehi Mohammadi, R. (2015). Effect of planting date on dry matter content and agronomical characteristics of potato cultivars influenced by natural frost in field conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science* 46 (1), 27-39. (In Farsi).
12. Dehnavard, S., Souri, M. K. & Mardanlu, S. (2017). Tomato growth responses to foliar application of ammonium sulfate in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 40(3), 315-323.
13. El-Sayed, S. F., Hassan, H. A. & El-Mogy, M. M. (2015). Impact of bio- and organic fertilizers on potato yield, quality and tuber weight loss after harvest. *Potato Research*, 58 (1), 67-81.
14. Ewing, E. E. & Struik, P. C. (1992). Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. *Horticultural Reviews*, 14, 89-98.
15. Haluschak, P. (2006). *Laboratory methods of soil analysis*. Canada-Manitoba Soil Survey.
16. Janowiak, J., Pychaj-Fabisiak, E., Wszelaczyńska, E., Pińska, M. & Murawska, B. (2009). Effect of many year natural and mineral fertilization on yielding and the content of nitrates (V) in potato tubers. *Journal of Central European Agriculture*, 10 (1), 109-114.
17. Jarych-Szyszk, M. (2006). Influence of the nitrogen fertilization on nitrate content in potato tubers. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2 (47), 6-84.
18. Kazemi, M., Hassanabadi, H. & Tavakoli, H. (2011). *Potato production management*. Nashr-e-Amozesh and Tarvij Keshavarzi, Tehran. (In Farsi).
19. Keeney, D. R. & Nelson, D. W. (1982). Nitrogen-inorganic forms. In: R. H. Miller & Keeney, R. H. (Eds.), *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties. (pp. 463-698.). Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
20. Keisham, A., Heisnam P., Moirangthem, A., Das, T., Singh, N. I., & Singh, L. N. (2015). Effect on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum*L.) var. Kufri Jyoti by nitrogen integration with different organic sources and its after effect on soil. *The Bioccon*, 10 (13), 1335-1338.
21. KleinKopf, G.E., Brandt, T.L., & Olsen, N. (2003). Physiology of tuber bulking. In: *Proceedings of Idaho Potato Conference*, 23 Jan., Idaho, USA. pp.1-4.
22. Kolasa, K. (1993). The potato and human nutrition. *American Potato Journal*, 70 (5), 375-384.
23. Koocheki, A., Rashed Mohassel, M. H., Nasiri, M. & Sadar Abadi, R. (1995). *Physiology of plant growth and development*. Emam Reza Publication, Mashhad University. (In Farsi).
24. Lairon, D. (2009). Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 1-9.
25. Levy, D., & Veilleux, R. E. (2007). Adaptation of potato to high temperature and salinity – a review. *American Journal of Potato Research*, 84 (6), 486-506.
26. Lynch, H. D., Zhang Z. Z., Zebrath, B. J., & Martin, R. C. (2008). Organic amendment effects on tuber yield, plant N uptake and soil mineral under organic potato production. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23 (3), 250-259.
27. Malakuti, M. J. & Tehrani, M. M. (1999). *The role of micronutrients in increasing yield and quality of agricultural crops*. Tarbiat Modarres University Publication. Tehran, Iran. (In Farsi).
28. Models, A., Cendon, Y. & Barral, M. T. (2007). Evaluation of minicipal solid waste compost as a plant growing media component by applying mixture design. *Bioresource Technology* 98 (16), 3069-3375.
29. Moll, R., Kamprath, E. & Jackson, W. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74 (3), 562-564.
30. Mompie, E. I. J., Martín, R. M., Guevara, D. M. & Hernandez, Y.D. (2016). Classic growth analysis in three potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 79-87.
31. Mousapour Gorgh, A. & Hassanabadi, H. (2012). Analysis of growth and variation in trends of potato cv. Agria in different planting date. *Seed and Plant Production Journal*, 28-2 ( 2), 187-208. (In Farsi).
32. Murawa, D., Banaszkiwicz, T., Majewska, E., Błaszczuk, B & Sulima, J. (2008). Nitrate and nitrite content in selected vegetables and potatoes commercially available in Olsztyn. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 41(1), 67-71.
33. Naiji, M. & Souri, M. K. (2018). Nutritional value and mineral concentrations of sweet basil under organic compared to chemical fertilization. *Journal of Hortorum Cultus*, 17 (2), 167-175.
34. Najm, A. A., Haj Seyed Hadi, M. R., Fazeli, F., Taghi Darzi, M. & Shamorady, R. (2010). Effect of utilization of organic and inorganic nitrogen source on the potato shoots dry matter, leaf area index and plant height, during middle stage of growth. *International Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 1(1), 26-29.

35. Nourbakhsh, R., Mireki, GH., Aghdami, A., Razavi, M., Shejaei Aliabadi, M., Nowroozad, M., Ghanbarzadeh Alamdari, N. & Besharati, H. (2003). *Maxim levels for nitrate in agricultural*. Iranian National Standardization Organization. 4 p. (In Farsi).
36. Nyiraeza, J. & Snapp, S. (2007). Integrated management in inorganic and organic nitrogen and efficiency in potato systems. *Soil Science Society of America Journal*, 71, 1508-1515.
37. Ouédraogo, E., Mando, A. & Zombré, N. P. (2001). Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Journal of Agricultural Ecosystems and Environment*, 84, 259-266.
38. Pobereźny, J., Wszelaczyńska, E., Wichrowska, D., & Jaskulski, D. (2015). Content of nitrates in potato tubers depending on the organic matter, soil fertilizer, cultivation simplifications applied and storage. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75 (1), 42-49.
39. Poffley, M. & McMahon, G. (2006). *Improving structure and pH levels in top end soils for horticulture*. Northern Territory Government, D 16.
40. Prosba, B. U. (1996). The effects of nitrogen rates and planting dates on nitrate content in potato tubers. *Biuletyn Instytut Ziemniaka*, 46, 73-81.
41. Rowe, R. C. (1993). *Potato health management*. ASP Press, USA.
42. Salamatim, N. & Yaghubi, V. (2012). *Comparison technical and economic of drip irrigation and different amount of water on yield and qualitative characters of two calona cultivars*. Final Report. Khuzestan Agricultural and Natural Sources Research and Education Center. Ahwaz, Iran. (in Farsi).
43. Srikanth, K., Srinivasamurthy, C. A. & Siddamarappa, V. R. (2000). Direct and residual effect of enriched compost, vermicompost and fertilizer on properties of an Alfisol. *Journal of Industrial Society of Soil Science* 48(3), 496-499.
44. Souri, M. K. (2016). Amino chelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, 1, 118-123.
45. Souri, M. K., Sooraki, F. Y. & Moghadamyar, M. (2017). Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an amino chelate fertilizer. *Horticultural, Environmental and Biotechnology*, 58(6), 530-536.
46. Souri, M. K., Rashidi, M. & Kianmehr, M. H. (2018). Effects of manure-based urea pellets on growth, yield, and nitrate content in coriander, garden cress, and parsley plants. *Journal of Plant Nutrition*, 41(11), 1405-1413.
47. Souri, M. K., Naiji, M. & Kianmehr, M.H. (2019). Nitrogen release dynamics of a slow release urea pellet and its effect on growth, yield, and nutrient uptake of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 42(6), 604-614.
48. Subhash, C., Malik, A., Zargar, M. Y. & Bhat, M. A. (2011). Nitrate pollution: a menace to human, soil, water and plant. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 1, 22-32.
49. Taye, M. (2011). *Integrated nutrient management studies in potato (Solanum tuberosum L.)*. M.S. Thesis. University of Agricultural Science, Dharwad, India.
50. Tekalign, T. & Hammes, P.S. (2005). Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Scientiae Horticulture*. 105, 29-44.
51. Tkachuk, R. (1969). *Nitrogen -to- protein conversion factors for cereals and oilseed meals*. Creal Chemistry. American Association of Creal Chemists, Inc.
52. Wierzbicka, A., Mazurczyk, W. & Wroniak, J. (2008). Effect of nitrogen fertilization and harvest date on the yield and quality of selected features of early potato tubers cultivars. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, 530, 207-216.
53. Zebarth, B. J., Tai, G., Tarn, R., de Jong, H. & Milburn, P. H. (2004). Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 84, 589-598.
54. Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Soleberg, E. & Bittner, E. (2006). A four year study on influence of biosolids /MSW compost application in less productive soils in Alberta: Nutrient dynamics. *Compost Science and Utilization*, 14 (1), 68-80.