

## مطالعه اثر کودهای اوره، فسفات کلسیم، سولفات پتاسیم و هم‌افزایی آنها بر تولید برگ و پاجوش در گیاه آلوئه‌ورا

محسن عباسی<sup>۱</sup>، احد مدنی (نویسنده مسئول)<sup>۲\*</sup> و فرشید وزین<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد، گروه زراعت، واحد گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی، گناباد، ایران، abbasi87@yahoo.com

۲- استادیار، گروه زراعت، واحد گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی، گناباد، ایران، madani\_ahad@yahoo.com

۳- استادیار، گروه زراعت، واحد گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی، گناباد، ایران، farshidvazin@yahoo.com

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۰

### Study of the effect of urea fertilizers, calcium phosphate, potassium sulfate and their synergy on the production of leaves and cuttings in aloe vera

Mohsen Abbasi<sup>1</sup>, Ahad Madani (Corresponding author)<sup>2\*</sup> and Farshid Vazin<sup>3</sup>

1- M.Sc Student, Department of Agronomi, Gonabad Branch, Islamic Azad University, Gonabad, Iran, abbasi87@yahoo.com

2\* - Assistant Professor, Department of Agronomi, Gonabad Branch, Islamic Azad University, Gonabad, Iran, madani\_ahad@yahoo.com

3- Assistant Professor, Department of Agronomi, Gonabad Branch, Islamic Azad University, Gonabad, Iran, farshidvazin@yahoo.com

Received: October 2021

Accepted: January 2022

#### Abstract

Aloe is a medicinal plant with very high economic value. With the aim of providing suitable nutritional conditions to achieve higher yield and produce large number of high-quality cuttings, an experiment was performed in Mahvalat city (Khorasan Razavi province) during 2016 growing season, a factorial design in the form of randomized complete blocks with 27 treatments and 3 replications. Experimental treatments were three fertilizers of urea, calcium phosphate and potassium sulfate, each with three levels of zero, 100 and 200 kg. The results showed the increasing effect of simultaneous consumption of nitrogen and phosphorus as well as nitrogen and potassium mainly on plant reproductive traits such as cuttings weight, number of cuttings and number of leaves per cuttings and cutting height, however, increasing effect of nitrogen and phosphorus on leaf length and number of leaves was also observed. Related to the yield of the mother plant was also seen. 70-80% of the maximum weight of cuttings, number of cuttings and number of leaves per cuttings and height of cuttings as well as maximum leaf length and number of leaves were obtained by consuming 100 kg of nitrogen, with 100 kg of phosphorus or with 100 kg of potassium. Further increase of phosphorus and potassium at the level of 100 kg of nitrogen led to the achievement of maximum traits related to cuttings and had little effect on traits related to the yield of the mother plant. The results of this study suggest that achieving a large number of quality cuttings in comparison with achieving the highest yield of the mother plant requires the same amount of nitrogen and double amounts of phosphorus and potassium.

**Keywords:** *Aloe vera*, Fertilization, Cuttings, Plant nutrition.

#### چکیده

آلوئه‌ورا (صبر زرد) یک گیاه دارویی با ارزش اقتصادی بسیار بالاست. با هدف فراهم کردن شرایط تغذیه‌ای مناسب برای بدست آوردن عملکرد بیشتر و تولید پاجوش‌هایی پر تعداد و با کیفیت، آزمایشی در سال ۱۳۹۵ در شهرستان مه ولات (استان خراسان رضوی) به صورت فاکتوریل با ۲۷ تیمار و ۳ تکرار در قالب بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی سه کود اوره، فسفات کلسیم و سولفات پتاسیم و هر کدام با سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بودند. نتایج حاکی از اثر افزایشی مصرف همزمان نیتروژن و فسفر و همچنین نیتروژن و پتاسیم عمدتاً بر صفات تکثیری گیاه مانند وزن پاجوش، تعداد پاجوش و تعداد برگ و ارتفاع پاجوش بود، البته اثر افزایشی نیتروژن و فسفر بر طول و تعداد برگ به عنوان صفت مرتبط با عملکرد گیاه مادری نیز دیده شد. ۷۰-۸۰ درصد حداکثر وزن پاجوش، تعداد پاجوش، تعداد برگ پاجوش و پاجوش و همچنین حداکثر طول و تعداد برگ با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن، توام با ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و یا توام با ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم بدست آمد. افزایش بیشتر فسفر و پتاسیم در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن موجب دستیابی به حداکثر صفات مرتبط با پاجوش گردید و تاثیر چندانی بر صفات مرتبط با عملکرد گیاه مادری نداشت. نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌دهد که توصیه کودی برای تولید پاجوش و عملکرد ژل متفاوت است، به نحوی که دستیابی به پاجوش‌های پر تعداد و با کیفیت در مقایسه با حصول بیشترین عملکرد گیاه مادری نیازمند مقدار مشابه نیتروژن و دو برابر فسفر و پتاسیم می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** آلوئه‌ورا، پاجوش، تغذیه گیاهی، کوددهی.

## مقدمه و کلیات

پتاسیم برگ در گیاه آلوورا شد، اما حداکثر عملکرد ژل و ۸۰ درصد حداکثر مقدار عملکرد ژل به ترتیب از ۱۲۰ و ۷۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار حاصل می شود. آنها در تحقیق جداگانه ای نشان دادند که مصرف تا ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار موجب افزایش محتوای فسفر گیاه و عملکرد ژل می شود اما برای دستیابی به ۸۰ درصد حداکثر مقدار عملکرد ۴۵ Sultana et al., (2021) کیلوگرم فسفر کفایت می کند (تحقیقاتی نیز پیرامون استفاده توام نیتروژن، 2021). فسفر و پتاسیم با کودهای دامی وجود دارد، به طور مثال Chowdhury et al., (2021) مصرف ۵ تن کود مرغی توام با ۴۰، ۲۰ و ۳۰ برای دست یافتن به حداکثر NPK کیلوگرم در هکتار تحقیقات ماده خشک در آلوئه‌ورا کافی خواهد بود. پیرامون کاربرد کودهای زیستی مانند قارچ میکوریزا برای تامین فسفر مورد نیاز آلوئه‌ورا حاکی از مفید Nunez-Colima et al., (بودن این روشها می باشد گزارشاتی نیز از هم‌افزایی مصرف همزمان (2018). Olfati et al., 2015) مصرف نیتروژن و پتاسیم (Tawaraya et al., 2007 همزمان نیتروژن و فسفر (Ahmed et al., و مصرف همزمان فسفر و پتاسیم (بر عملکرد ژل در آوورا نسبت به مصرف هر 2011 کدام از آنها به تنهایی وجود دارد. هدف اصلی این تحقیق نیز بررسی هم‌افزایی ناشی از کاربرد همزمان این سه عنصر غذایی بر رشد و عملکرد آلوئه‌ورا و همچنین تعداد و کیفیت پاجوش‌های تولیدی و ارایه توصیه کودی مناسب می باشد. در این تحقیق چنین فرض شده است که نه تنها عملکرد بلکه توانایی تولید پاجوش‌های پر تعداد و با کیفیت تحت تاثیر

آلوئه‌ورا (صبر زرد) یک گیاه دارویی با نام علمی و دارای مسیر Liliaceae از خانواده Aloe Vera (کراسولاسیک اسید متابولیسم) CAM فتوسنتزی اصلی). روش Surjushe et al., 2008 می باشد (و است پاجوش طریق از زرد، غیرجنسی صبر افزایش عملکرد و افزایش گیاهچه تجاری تولید منظور به کشت، روشهایی زیر سطح افزایش طریق از برگ تعداد کوتاه، زمان مدت در بتوان تا است نیاز مورد Perisa and Gobinno, (2021) نمود تولید گیاهچه زیادی مناسب ای تغذیه شرایط فراهم کردن). با و درشت اندازه باهایی آوردن پاجوش بدست برای باشد می برخوردار ای اهمیت ویژه از بالا کیفیت). دانش پیرامون نقش Khajeeyan et al., 2019 بسیار اندک CAM عناصر غذایی بر رشد گیاهان. بنظر می رسد که (Kumar et al., 2017) است واکنش این دسته از گیاهان به عناصر غذایی نسبت به (کمتر درک شده است و لذا CAM سایر گیاهان (غیر نیازمند مطالعات بیش تر می باشد. اما در مجموع پاسخ CAM ورا به عنوان یک گیاه آ آلوئه رشدی مناسبی به کود های نیتروژنه نشان می دهد. Chowdhury et al., (2020) به طور مثال آزمایش نشان داد که دستیابی به حداکثر عملکرد ژل آلوئه ورا نیازمند مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره یا دی فسفات آمونیوم می باشد، در حالی که مصرف به ترتیب ۷۵ یا ۹۰ کیلوگرم از این دو کود موجب دستیابی به ۸۰ درصد مقدار حداکثر عملکرد خواهد شد. تحقیق نشان داد که مصرف تا ۱۶۰ Sultana et al., (2021) کیلوگرم در هکتار پتاسیم موجب افزایش غلظت

یکنواخت با اندازه ۲۰-۱۸ سانتیمتر به صورت تصادفی انتخاب و به زمین منتقل کشت شدند. هر کرت فرعی شامل ۴ خط کاشت به طول ۳ متر و عرض ۵ متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۴۰ سانتیمتر و بین دو ردیف ۷۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. هر سه کود نیتروژن، پتاسیم و فسفر به صورت تقسیط در سه مرحله ۶ برگی، پیش از تشکیل پاجوش و شروع تشکیل پاجوش بکار رفت. گیاهان بر اساس ظرفیت زراعی به صورت یکسان آبیاری شدند. بوته‌های برداشت شده از سطح مزرعه جمع آوری گردید و ارتفاع بوته، تعداد و پهنای برگ، تعداد برگ پاجوش، وزن، تعداد و ارتفاع پاجوش ۱۰ بوته از هر کرت کرت اندازه‌گیری شد. در هر کرت، ارتفاع بوته از سطح خاک تا نوک بلند ترین برگ به عنوان ارتفاع بوته اندازه‌گیری گردید برای اندازه‌گیری صفات مرتبط با پاجوش، ابتدا پاجوش‌ها از گیاه مادری جدا و تعداد آنها شمارش گردید. سپس خصوصیات از قبیل ارتفاع پاجوش، وزن پاجوش، تعداد برگ پاجوش اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد انجام گرفت. نمودارهای مربوطه با کمک نرم افزار Excel ترسیم شد.

این عناصر غذایی و اثر متقابل آنها قرار می‌گیرد، البته پاسخ به این سوال که آیا توصیه کودی مناسب برای دستیابی به حداکثر عملکرد ژل با توصیه کودی مناسب برای تولید پاجوش‌های پر تعداد و با کیفیت یکسان یا متفاوت خواهد بود، نیز هدف اصلی از اجرای این تحقیق می‌باشد.

### فرآیند پژوهش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه شخصی در اراضی روستای عبدال آباد شهرستان مه ولات اجرا شد. محل اجرای آزمایش در مختصات، طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۶۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵۴ دقیقه و ارتفاع ۹۵۹ متری از سطح دریا واقع شده است. میانگین ۳۰ ساله آمار هواشناسی در منطقه مه ولات نشان می‌دهد که متوسط بارندگی سالیانه ۱۸۵ میلیمتر و حداقل سردترین و حداکثر گرمترین درجه حرارت هوا به ترتیب ۲۰- درجه سانتیگراد و ۴۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. مشخصات خاکشناسی مزرعه در سال آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. هر یک از کودهای نیتروژن به فرم اوره، فسفر به فرم فسفات کلسیم و پتاسیم به فرم سولفات پتاسیم در سه سطح ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در ۲۷ تیمار مورد آزمایش قرار گرفتند. در خرداد ماه پاجوش‌های

جدول ۱- مشخصات خاکشناسی مزرعه در سال آزمایش

Table 1- Soil parameters of experimental field

ذرات خاک (%)		مواد غذایی				مواد آلی (%)	pH	EC	عمق خاک (cm)
شن	سیلت	رس	پتاس	فسفر	نیترژن				
۵۰	۳۷	۱۳	۶۰	۶/۵	۰/۰۶۵	۰/۶۸	۷/۳	۱/۴	۵۰-۰

### نتایج و بحث

(جدول ۲ و نمودار ۱). در مورد ارتفاع پاجوش و تعداد برگ در پاجوش، بین هر سه سطح نیترژن اختلاف معنی دار مشاهده شد، به نحوی که تیمار N<sub>۱۰۰</sub> در مقایسه با N<sub>۰</sub> به ترتیب ۱۰۶/۵ و ۷۹ درصد افزایش ارتفاع پاجوش و تعداد برگ در پاجوش را در پی داشت، و تیمار N<sub>۲۰۰</sub> موجب افزایش ارتفاع پاجوش و تعداد برگ در پاجوش به میزان ۲۴/۸ و ۴۸/۳ درصد در مقایسه با تیمار N<sub>۱۰۰</sub> گردید (جدول ۲ و نمودار ۱). نتیجه تحقیقاتی که در ایران پیرامون نقش نیترژن بر عملکرد آلوئه ورا انجام شده است، بدون نظر گرفتن سیستم فتوسنتزی کراسولاسیک اسید متابولیسم در این گیاه گزارش شده است.

اثر کود نیترژن بر طول، عرض و تعداد برگ و تعداد پاجوش گیاه آلوئه ورا معنی دار بود (جدول ۲). تیمار N<sub>۱۰۰</sub> در مقایسه با N<sub>۰</sub> موجب افزایش ارتفاع گیاه (۳۲/۷٪)، قطر ساقه (۷/۲۳٪)، تعداد برگ (۲۱/۹٪) و تعداد پاجوش (۶۲/۷٪) شد، با افزایش نیترژن به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار طول برگ بطور معنی داری کاهش یافت، ولی عرض برگ، تعداد برگ و تعداد پاجوش تغییری نکرد (جدول ۲ و نمودار ۱). از نظر وزن پاجوش، تیمارهای N<sub>۱۰۰</sub> و N<sub>۰</sub> اختلافی نداشتند، تنها پس از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در نیترژن هکتار ۸/۳۶ درصد افزایش معنی دار وزن پاجوش نسبت به شاهد دیده شد

جدول ۲- میانگین مربعات اثر نیترژن، فسفر، پتاسیم و اثرات متقابل آنها بر صفات مورد مطالعه

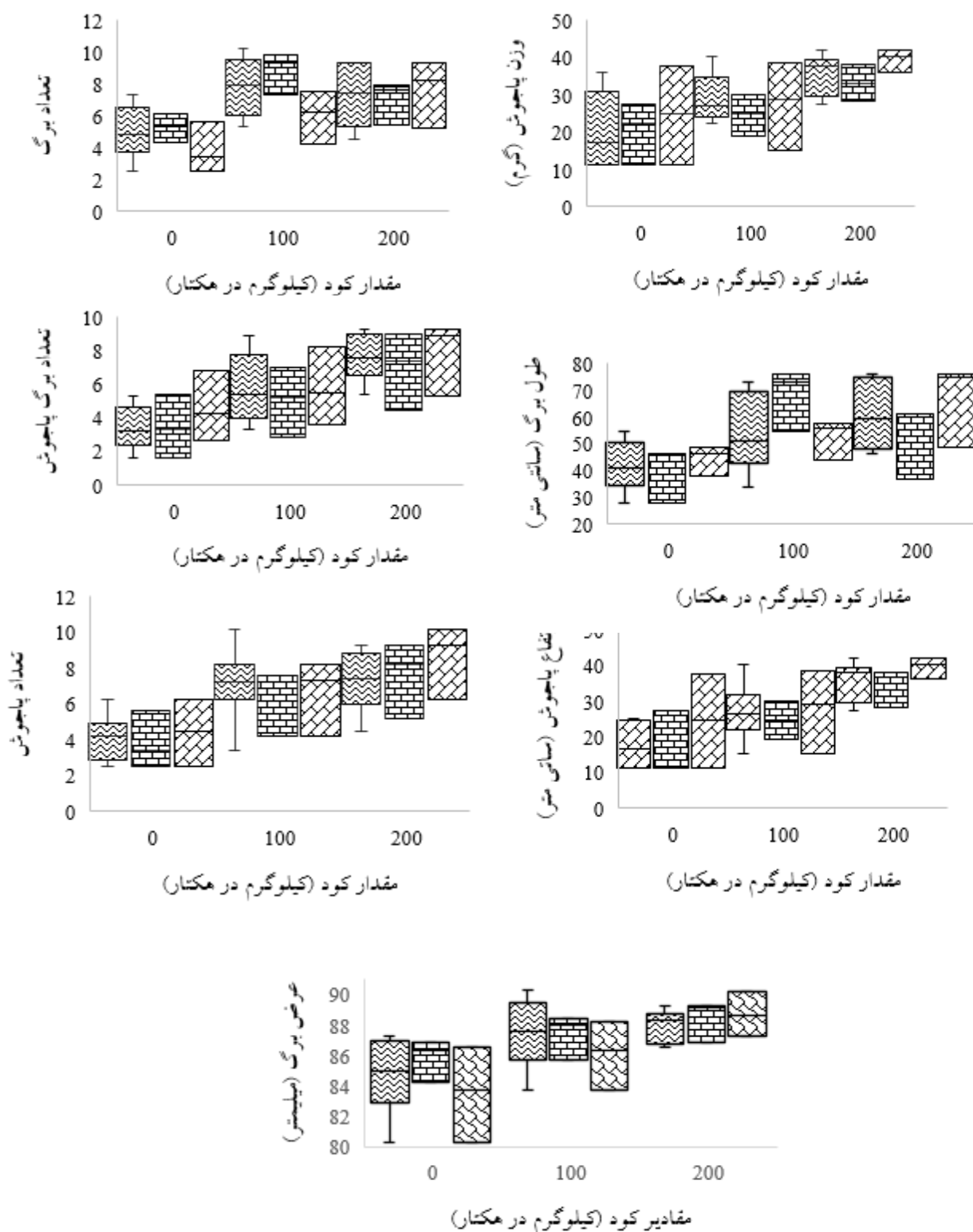
Table 2- Mean squares for the effect of nitrogen, phosphorus and potassium and the interaction on studied traits

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول برگ سانتی متر	قطر ساقه سانتی متر	تعداد پاجوش	تعداد برگ	تعداد برگ پاجوش (گرم)	وزن پاجوش
بلوک	۲	۴۶/۱۳ <sup>ns</sup>	۱۴/۶۳ <sup>ns</sup>	۱/۲۸ <sup>ns</sup>	۱/۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۰ <sup>ns</sup>	۴۱/۴۴ <sup>ns</sup>
نیترژن	۲	۶۱۸/۸ <sup>°°</sup>	۳۰/۶۲*	۷/۷۵ <sup>°°</sup>	۷/۱۸ <sup>°°</sup>	۵۰/۸۷ <sup>°°</sup>	۲۰۶۳/۴۲ <sup>°°</sup>
خطا a	۴	۲۸۴۲۸	۴۴۰/۶۶	۹/۹۰	۱۰/۳۳	۲۰/۳۶	۸۵۵۰۸/۱۲
پتاسیم	۲	۱۶۴/۴۶ <sup>°°</sup>	۸۰/۳۵ <sup>°°</sup>	۱۱۰/۸۲ <sup>°°</sup>	۴۰/۷۱ <sup>°°</sup>	۶۵/۳۹ <sup>°°</sup>	۳۴۸۹/۵۴ <sup>°°</sup>
فسفر	۲	۱۵۰/۵۰ <sup>°°</sup>	۵۰/۴۰ <sup>°°</sup>	۱۶۰/۹۰ <sup>°°</sup>	۵۱/۸۰ <sup>°°</sup>	۸۰/۴۰ <sup>°°</sup>	۲۶۴۹/۶۰ <sup>°°</sup>
نیترژن * پتاسیم	۴	۸۹/۴۸ <sup>°°</sup>	۱۸/۸ <sup>ns</sup>	۱۴/۹۸ <sup>°°</sup>	۳/۲۰ <sup>°</sup>	۱۶/۸۷ <sup>°°</sup>	۶۲۶/۹۳ <sup>°°</sup>
نیترژن * فسفر	۴	۶۵/۵۲ <sup>°°</sup>	۱۰/۶ <sup>°°</sup>	۱۰/۵۰ <sup>°°</sup>	۱/۸۵ <sup>°°</sup>	۱۳/۵۰ <sup>°°</sup>	۳۴۵/۵۶ <sup>°°</sup>
پتاسیم * فسفر	۴	۵۲/۲۰ <sup>ns</sup>	۵/۵۰ <sup>ns</sup>	۶/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۹۰ <sup>ns</sup>	۷/۳۲ <sup>ns</sup>	۱۳۷/۴۳ <sup>ns</sup>
N×P×K	۸	۳۲/۱۰ <sup>ns</sup>	۲/۳۰ <sup>ns</sup>	۲/۸۰ <sup>ns</sup>	۰/۵۰ <sup>ns</sup>	۳/۲۰ <sup>ns</sup>	۱۱۰/۲۰ <sup>ns</sup>
خطا b	۲۴	۱۸/۳۵	۸/۲۷	۰/۹۳	۰/۶۴	۰/۴۰	۵۳/۸۵
ضرب تغییرات		۱۰/۹۴	۵/۳۵	۰/۶۳	۲/۲	۱۰/۳۰	۲۷/۲۰

\*: معنی دار در سطح ۵ درصد؛ \*\*: معنی دار در سطح ۱ درصد؛ NS: غیر معنی دار

مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره یا دی فسفات آمونیوم می باشد، در حالی که مصرف به ترتیب ۷۵ یا ۹۰ کیلوگرم از این دو کود به تنهایی موجب دستیابی به ۸۰ درصد حداکثر عملکرد خواهد شد. اثر کود فسفر نیز مانند نیتروژن بر تمام صفات مورد مطالعه معنی دار بود (جدول ۲). تیمار  $P_{100}$  در مقایسه با  $P_0$  به ترتیب به  $61/1$ ،  $10/1$  و  $21/6$  درصد طول برگ، عرض برگ و تعداد برگ بیشتری داشت (جدول ۲ و نمودار ۱)، اما با افزایش مقدار فسفر به  $P_{200}$  تغییری در این صفات نسبت به تیمار  $P_{100}$  مشاهده نشد (جدول ۲ و نمودار ۱). بین تمام سطوح فسفر از نظر تعداد پاجوش، وزن پاجوش، ارتفاع پاجوش و تعداد برگ پاجوش اختلاف معنی دار دیده شد (جدول ۲ و نمودار ۱). به نحوی که تیمار  $P_{100}$  در مقایسه با  $P_0$  افزایش تعداد پاجوش ( $3/77\%$ )، وزن پاجوش ( $8/203\%$ )، ارتفاع پاجوش ( $8/182\%$ ) و تعداد برگ پاجوش ( $3/161\%$ ) را در پی داشت (جدول ۲ و نمودار ۱) و تیمار  $P_{200}$  موجب افزایش تعداد پاجوش، وزن پاجوش، ارتفاع پاجوش و تعداد برگ پاجوش به ترتیب به میزان  $9/54$ ،  $6/3$ ،  $20/45$ ،  $8/30$  درصد در مقایسه با تیمار  $P_{100}$  گردید (جدول ۲ و نمودار ۱). (Sultan et al., 2020) نشان دادند که مصرف تا ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار موجب افزایش محتوای فسفر گیاه و عملکرد ژل می شود اما برای دستیابی به ۸۰ درصد حداکثر مقدار عملکرد ۴۵ کیلوگرم فسفر کفایت می کند.

در گیاهان CAM مانند آلوورا علاوه بر  $CO_2$  ذخیره شده به فرم اسید مالیک در طول شب، تجزیه اوره به  $CO_2$  و یون آمونیوم ( $NH_4^+$ ) نیز میتواند تامین کننده  $CO_2$  جهت فعالیت آنزیم PEP<sub>C</sub> باشد، این ایده از آنجا مطرح می شود که تحت کمبود نیتروژن، فعالیت آنزیم PEP<sub>C</sub> و تجمع اسید مالیک در گیاهان CAM افزایش می یابد (Hogewoning et al., 2021). در آزمایشی گیاه آپارتمانی کالانکوه، دارای مسیر فتوسنتزی CAM، به مدت ۱-۲ ماه در محلول غذایی حاوی ۵ میلی مولار نترات سدیم یا  $2/5$  میلی مولار سولفات آمونیوم قرار داده شد و سپس گیاهان به محیط با مقدار اندک نیتروژن منتقل گردید، گیاهان منتقل شده به محیط دارای نیتروژن اندک، فعالیت آنزیم PEP<sub>C</sub> و تجمع اسید مالیک بیشتری نسبت به گیاهان باقی مانده در محلول های تیماری نشان دادند (Pereira et al., 2019). از جهتی در طی فرایند تنفس نوری در گیاهان  $C_3$  هنگام تبدیل اسید آمینه گلایسین به سرین اگر چه یک ملکول  $CO_2$  تلف می شود ولی در این میان یک یون آمونیوم نیز آزاد می گردد که می تواند در فرایند اسیمیلاسیون گیاهان  $C_3$  نقش مثبت ایفا کند، اما در گیاهان CAM به دلیل عدم وجود تنفس نوری پدیده آزاد شدن یون آمونیوم نیز وجود ندارد که ممکن است باعث شود تا پاسخ گیاهان CAM به فراهمی نیتروژن نسبت به گیاهان  $C_3$  بیشتر باشد، به نحوی که به طور مثال آزمایش Chowdhury et al., (2020) نشان داد که دستیابی به حداکثر عملکرد ژل آلوئه ورا نیازمند



نمودار ۱- اثرات ساده کودهای اوره، فسفات کلسیم و سولفات پتاسیم بر صفات مورد مطالعه در آونه ورا

Figure 1- The simple effect of urea, calcium phosphate and potassium sulfate on traits

مصرف همزمان نیتروژن و پتاسیم برای تعداد پاجوش در سطح نیتروژن  $N_{100}$  و برای وزن پاجوش در سطح  $N_0$  مشاهده گردید (جدول ۳). اثر هم‌افزایی نیتروژن و پتاسیم بر رشد و عملکرد گیاه مختلف از جمله سیب زمینی (Wang et al., 2020) و لوبیا (Valdez et al., 2020) گزارش شده است. گزارشات محدودی (Olfati et al., 2015) نیز از هم‌افزایی (سینرژی) مصرف همزمان نیتروژن و پتاسیم در آلوورا وجود دارد. البته اثر متقابل کود سولفات پتاسیم و اوره می‌تواند ناشی از تاثیر مثبت سولفور بر کارایی مصرف نیتروژن نیز باشد (Tabak et al., 2020). مصرف فسفر در هر سه سطح نیتروژن موجب افزایش تمام صفات مورد مطالعه شد (جدول ۳). بیشترین اثر افزایشی مصرف همزمان فسفر و نیتروژن برای ارتفاع بوته، تعداد پاجوش، وزن پاجوش و تعداد برگ پاجوش و در سطح  $N_{100}$  دیده شد، به نحوی که در این سطح نیتروژن تفاوت معنی‌داری بین هر سه سطح فسفر در صفات مذکور مشاهده شد (جدول ۳). اثر هم‌افزایی نیتروژن و فسفر بر گیاه آلوئه ورا و سایر گیاهان دارویی بسیار محدود گزارش شده است (Tawaraya et al., 2007). اثر متقابل کودهای اوره و فسفات کلسیم می‌تواند ناشی از تاثیر مثبت کلسیم بر جذب و مصرف نیتروژن باشد، اثر هم‌افزایی کلسیم و نیتروژن در تحقیقات بسیاری از جمله سیر (Hanna et al., 2020) و کاهو (Di-Goia et al., 2017) گزارش شده است. اگر چه بیشترین تعداد برگ پاجوش و ارتفاع پاجوش با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد (نمودار ۱) اما با مصرف نصف

اثر کود پتاسیم مانند نیتروژن و فسفر بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۲)، البته در تمامی صفات به جز وزن پاجوش اختلاف معنی‌داری بین سطح  $K_{100}$  و  $K_{200}$  مشاهده نشد (جدول ۲ و نمودار ۱). در تیمار  $K_{100}$  در مقایسه با شاهد مقدار ارتفاع بوته  $4/48$ ، قطر ساقه  $8/10$ ، تعداد برگ  $7/21$ ، تعداد پاجوش  $5/56$  ارتفاع پاجوش  $2/45$  و تعداد برگ  $7/55$  درصد بیشتر بود (جدول ۲ و نمودار ۱). در مورد وزن پاجوش، اختلاف معنی‌داری بین هر سه سطح کود پتاسیم مشاهده شد به نحوی که وزن پاجوش  $2/45$  در تیمار  $K_{100}$  در مقایسه با  $K_0$  بیشتر بود، و تیمار  $K_{200}$  موجب افزایش وزن  $15/22$  درصدی وزن پاجوش در مقایسه با تیمار  $K_{100}$  گردید (جدول ۲ و نمودار ۱). (Sultana et al., 2020) نشان داد که مصرف تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم موجب افزایش غلظت پتاسیم برگ در گیاه آلوورا شد، اما حداکثر عملکرد ژل و ۸۰ درصد حداکثر مقدار عملکرد ژل به ترتیب از ۱۲۰ و ۷۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار حاصل شد. از بین اثرات متقابل دو گانه، اثر پتاسیم  $\times$  فسفر برای تمامی صفات غیر معنی‌دار و اثر متقابل نیتروژن  $\times$  فسفر و نیتروژن  $\times$  پتاسیم بر تمام صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثر متقابل سه گانه نیتروژن  $\times$  فسفر  $\times$  پتاسیم برای هیچ یک از صفات معنی‌دار نبود (جدول ۲). مصرف پتاسیم در هر سه سطح نیتروژن موجب افزایش تمام صفات مورد مطالعه شد (جدول ۲ و جدول ۳)، تنها موارد استثنا پهنای ساقه و وزن پاجوش بود که مصرف پتاسیم در سطح  $N_{200}$  تاثیری بر مقدار این دو صفت نداشت (جدول ۳). بیشترین اثر افزایشی

پاجوش، تعداد پاجوش و ارتفاع پاجوش توانایی تولید پاجوش های پرتعداد و با کیفیت را نشان میدهد، لذا این نتایج حاکی از آن است که ۱۰۰ کیلوگرم کود (هر یک از سه عنصر) اقتصادی ترین مقدار برای تولید پاجوش می باشد. صفات تعداد برگ، ارتفاع برگ و پهنای برگ تعیین کننده مقدار عملکرد ژل هستند. در این تحقیق اگر چه پهنای برگ اندکی تحت تاثیر مصرف کودها به ویژه پتاسیم قرار گرفته است (نمودار ۱) اما این صفت در مقایسه با تعداد برگ و طول برگ اهمیت چندانی ندارد، به ویژه اینکه در این تحقیق دامنه تغییرات این صفت اندک و بین ۸ تا ۹ سانتی متر می باشد (نمودار ۱).

این مقدار نیز ۸۰٪ تا ۷۰٪ حداکثر تعداد برگ پاجوش و ارتفاع پاجوش مشاهده شد (نمودار ۱)، کاهش ۵۰ درصدی مقدار مصرف کود نیتروژن و کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی تعداد برگ پاجوش و ارتفاع پاجوش به معنای ۳ تا ۳/۵ برابر افزایش کارایی مصرف نیتروژن برای این دو صفت می باشد. در مورد اثر کوههای فسفر و پتاسیم بر تعداد پاجوش نتیجه مشابه تعداد برگ پاجوش و ارتفاع پاجوش حاصل شد (نمودار ۱)، اما برای دستیابی به حداکثر تعداد پاجوش مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن کفایت کرد و عدم مصرف نیتروژن، کاهش ۵۰ درصدی تعداد پاجوش نسبت به مقدار حداکثر قابل حصول را در پی داشت (نمودار ۱). از آنجایی که تعداد برگ

جدول ۳- اثرات متقابل نیتروژن در فسفر و همچنین نیتروژن در پتاسیم برای صفات مورد مطالعه

Table 3- The interaction effect of nitrogen, phosphorus and potassium on traits

ارتفاع پاجوش (cm)	وزن پاجوش (g)	تعداد برگ پاجوش	تعداد برگ	تعداد پاجوش	عرض برگ (cm)	طول برگ (cm)		
۱۱/۳۲ <sup>b</sup>	۱۱/۱ <sup>c</sup>	۱/۶۵ <sup>c</sup>	۴/۳ <sup>c</sup>	۲/۵ <sup>c</sup>	۸۸/۲۳	۳/۲۷ <sup>c</sup>	P0	
۱۷/۵ <sup>b</sup>	۱۹/۲ <sup>b</sup>	۲/۸۵ <sup>c</sup>	۵/۴۵ <sup>b</sup>	۴/۲ <sup>b</sup>	۷۵/۷۲	۳۶/۳۲ <sup>c</sup>	P100	N0
۱۵/۲۱ <sup>a</sup>	۲۹/۲۴ <sup>a</sup>	۴/۶۵ <sup>b</sup>	۷/۳۲ <sup>b</sup>	۵/۲ <sup>b</sup>	۸۶/۸۶	۵۴/۲۵ <sup>b</sup>	P200	
۱۵/۲۳ <sup>b</sup>	۲۲/۳۵ <sup>b</sup>	۳/۲۸ <sup>c</sup>	۵/۳۲ <sup>c</sup>	۳/۴ <sup>c</sup>	۸۶/۳۶	۳۳/۳۵ <sup>c</sup>	P0	
۲۴/۳۵ <sup>a</sup>	۲۴/۷۹ <sup>b</sup>	۵/۲۵ <sup>b</sup>	۷/۶۲ <sup>b</sup>	۷/۲ <sup>b</sup>	۸۸/۰۳	۴۵/۲۳ <sup>b</sup>	P100	N100
۲۸/۳۲ <sup>a</sup>	۳۳/۲۴ <sup>a</sup>	۷/۳۵ <sup>a</sup>	۹/۳۲ <sup>a</sup>	۸/۲ <sup>a</sup>	۸۹/۱۶	۷۲/۳۲ <sup>a</sup>	P200	
۲۲/۲۱ <sup>b</sup>	۲۷/۵ <sup>b</sup>	۵/۴۲ <sup>b</sup>	۶/۱۲ <sup>b</sup>	۵/۶ <sup>b</sup>	۸۶/۸۶	۴۵/۴ <sup>b</sup>	P0	
۲۷/۳۲ <sup>a</sup>	۲۳/۳۰ <sup>b</sup>	۶/۹۸ <sup>b</sup>	۷/۹ <sup>a</sup>	۷/۵۶ <sup>a</sup>	۸۸/۲۸	۶۰/۳۲ <sup>b</sup>	P100	N200
۳۰/۲۱ <sup>a</sup>	۳۸/۲ <sup>a</sup>	۸/۹۶ <sup>a</sup>	۸/۸۵ <sup>a</sup>	۹/۳۲ <sup>a</sup>	۸۹/۲۵	۷۵/۳۲ <sup>a</sup>	P200	
۱۱/۵۲ <sup>b</sup>	۱۱/۵ <sup>c</sup>	۲/۶۵ <sup>c</sup>	۵/۳ <sup>c</sup>	۲/۵ <sup>c</sup>	۸۰/۵۰	۳۶/۷۵ <sup>c</sup>	K0	
۱۶/۲ <sup>b</sup>	۱۵/۲ <sup>c</sup>	۳/۵۶ <sup>b</sup>	۶/۳۲ <sup>b</sup>	۴/۲ <sup>c</sup>	۸۳/۷۵	۴۲/۶ <sup>b</sup>	K100	N0
۲۴/۵۲ <sup>a</sup>	۳/۰۲ <sup>b</sup>	۵/۳۲ <sup>b</sup>	۷/۴ <sup>b</sup>	۶/۲۳ <sup>b</sup>	۸۷/۳۲	۴۸/۳۲ <sup>b</sup>	K200	
۱۷/۳۲ <sup>b</sup>	۲۴/۷۹ <sup>b</sup>	۴/۲۵ <sup>b</sup>	۶/۳ <sup>b</sup>	۴/۵ <sup>c</sup>	۸۳/۷۵	۴۵/۵۴ <sup>b</sup>	K0	
۲۲/۶۵ <sup>b</sup>	۲۹/۰۲ <sup>b</sup>	۵/۴۶ <sup>b</sup>	۷/۳۲ <sup>b</sup>	۷/۳۲ <sup>b</sup>	۸۶/۳۴	۵۴/۶ <sup>b</sup>	K100	N100
۲۹/۳۵ <sup>a</sup>	۴۰/۳۲ <sup>a</sup>	۸/۹۵ <sup>a</sup>	۱۰/۲۵ <sup>a</sup>	۹/۳۲ <sup>a</sup>	۹۰/۵ <sup>a</sup>	۶۶/۷۱ <sup>a</sup>	K200	
۲۳/۲۲ <sup>b</sup>	۳۷/۶۲ <sup>a</sup>	۶/۵۸ <sup>b</sup>	۸/۲۳ <sup>b</sup>	۶/۳ <sup>b</sup>	۸۶/۵	۴۸/۳۲ <sup>b</sup>	K0	
۲۷/۳۲ <sup>a</sup>	۳۸/۵۲ <sup>a</sup>	۸/۲۵ <sup>a</sup>	۹/۳۲ <sup>b</sup>	۸/۲۵ <sup>a</sup>	۸۸/۲۵	۵۷/۲ <sup>b</sup>	K100	N200
۳۱/۲۵ <sup>a</sup>	۴۲/۲۸ <sup>a</sup>	۹/۳۵ <sup>a</sup>	۱۲/۵۴ <sup>a</sup>	۱۰/۲ <sup>a</sup>	۸۸/۶۲	۷۹/۹۶ <sup>a</sup>	K200	



صرفه خواهد بود. نتایج حاکی از اثر افزایشی مصرف همزمان نیتروژن و فسفر و همچنین نیتروژن و پتاسیم بر صفات مورد مطالعه است، که این اثرات افزایشی عمدتاً مرتبط با صفات تکثیری گیاه مانند وزن و تعداد پاجوش و تعداد برگ پاجوش مشاهده شد، البته اثر افزایشی نیتروژن و فسفر بر طول برگ به عنوان صفت مرتبط با عملکرد گیاه مادری نیز دیده شد. واکنش تعداد پاجوش به فسفر و پتاسیم بیشتر از واکنش آن به نیتروژن بوده است. علی‌رغم معنی‌دار بودن اثرات متقابل نیتروژن در پتاسیم و نیتروژن در فسفر برای وزن پاجوش و ارتفاع پاجوش، طول برگ و عرض برگ بین نیتروژن و فسفر و همچنین بین نیتروژن و پتاسیم اثر هم‌افزایی دیده نشد، به نحوی که مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر یا پتاسیم بدون مصرف نیتروژن ( $N_0$ ) موجب دستیابی به حداکثر تعداد پاجوش گردید. در مورد تعداد پاجوش، هم‌افزایی نیتروژن و فسفر و همچنین نیتروژن و پتاسیم نتیجه متفاوتی مشاهده شد، نحوی که در این سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم فسفر یا پتاسیم موجب حصول بیشترین تعداد پاجوش گردید، به نحوی که در سطح شاهد نیتروژن حتی مصرف ۲۰۰ کیلوگرم فسفر اگر چه موجب افزایش تعداد پاجوش شد ولی حداکثر تعداد پاجوش حاصل نگردید. در مورد تعداد برگ پاجوش و تعداد برگ در بوته، هم‌افزایی نیتروژن و پتاسیم مشاهده شد، نحوی که در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم موجب حصول بیشترین تعداد برگ پاجوش گردید، در حالی که در سطح صفر کیلوگرم نیتروژن

در مورد تعداد برگ و ارتفاع بوته، بر خلاف صفات (%) و ارتفاع از ۶۰ به ۳۸ سانتی‌متر (۳۶٪) گردید مرتبط با تعداد و کیفیت پاجوش، افزایش مصرف کود پتاسیم از ۱۰۰ به ۲۰۰ موجب کاهش این دو صفت شده است (نمودار ۱)، به نحوی که ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در مقایسه با سطح ۱۰۰ کیلوگرم این کود موجب کاهش تعداد برگ از ۹/۳ به ۷/۶ (۱۸) (نمودار ۱). در تحقیق حاضر، پتاسیم به فرم سولفات پتاسیم حاوی ۵۰٪ پتاسیم و ۱۸٪ سولفات (گوگرد) استفاده شده است، لذا مصرف این کود در مقادیر ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به ترتیب ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار سولفات وارد خاک کرده است. تحقیق نشان می‌دهد که برای دستیابی به ۸۰٪ مقدار حداکثر عملکرد آلوئه‌ورا مصرف ۲۵ کیلوگرم سولفات کفایت می‌کند (Głowacka et al., 2019). در نتیجه کاهش تعداد برگ و طول برگ در سطح ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم ناشی از اثر سوء سولفات مازاد به دلیل افزایش اسیدیته خاک و کاهش برخی عناصر میکرو مانند مولیبدن (Głowacka et al., 2019)، در این تیمار باشد. در مورد نیتروژن و فسفات، سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم هر یک از این کودها نسبت به سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش قابل توجهی در تعداد برگ و ارتفاع برگ نشد (نمودار ۱).

### نتیجه‌گیری کلی

در کل این نتایج حاکی از آن است که چه برای عملکرد بیشتر ژل و چه دستیابی به پاجوش‌های پرتعداد و با کیفیت، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود (هر یک از سه عنصر به تنهایی) مناسب و مقرون به

- of Garlic. Alexandria Journal of Agricultural Sciences, 62(6): 383-394.
- 7) Hogewoning, S. W., van den Boogaart, S. A., van Tongerlo, E. and G, Trouwborst. 2021. CAM- physiology and carbon gain of the orchid *Phalaenopsis* in response to light culture system. South African Journal of Plant and Soil, 32(4): 249-252.
- 8) Prisa, D. and M, Gobbino. 2021. Biological treatments for quality improvement and production of Aloe vera gel. GSC Advanced Research and Reviews, 9(1): 054-063. intensity, light integral and CO<sub>2</sub>. Plant, Cell & Environment, 44(3): 762-774.
- 9) Khajeeyan, R., Salehi, A., Dehnavi, M. M., Farajee, H. and MA, Kohanmoo. 2019. Physiological and yield responses of Aloe vera plant to biofertilizers under different irrigation regimes. Agricultural Water Management, 225: 105768.
- 10) Núñez-Colima, J. A., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., Sánchez-Cohen, I. and R, Mata-González. 2018. Effect of biofertilizers on growth of aloe (*Aloe barbadensis* Miller) and gel quality under different soil moisture contents. Revista Chapingo. Serie horticultura, 24(1), 27.
- 11) Olfati, J. A., Saadatian, M. and E, Moqbeli. 2015. Optimisation of nitrogen and potassium for *Aloe vera* (L.) Burm. f. in a soilless.
- 12) Surjushe, A., Vasani, R. and D. G, Saple. 2008. Aloe vera: a short review. Indian journal of dermatology, 53(4): 163.
- 13) Sultana, T., Chowdhury, A. H., Saha, B. K., Rahman, A., Chowdhury, T. and R, Sultana. 2021. Response of Aloe vera to potassium fertilization in relation to leaf biomass yield, its uptake and requirement, critical concentration and use efficiency. Journal of Plant Nutrition, 1-15.
- 14) Sultana, T., Chowdhury, A. H., Rahman, A., Saha, B. K., Chowdhury, T., Islam, M. A. and R, Fancy. 2021. Phosphorous use efficiency and its requirement for aloe vera cultivated on silty loam soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52(3): 268-285.

مصرف ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم، اگر چه موجب افزایش تعداد پاجوش شد، ولی حداکثر تعداد پاجوش حاصل نگردید. اثرهم افزایشی نیتروژن و فسفر برای تعداد برگ پاجوش دیده نشد، نحوی که مصرف ۲۰۰ کیلوگر در هکتار فسفر بدون مصرف نیتروژن (N<sub>0</sub>) موجب دستیابی به حداکثر گردید.

#### منابع

- 1) Ahmed, S.K. 2011. Response of Aloe vera L. to phosphorus and potassium fertilization. Advances in Environmental Biology, 452-461.
- 2) Chowdhury, M. A. H., Sultana, T., Rahman, M. A., Chowdhury, T., Enyoh, C. E., Saha, B. K. and W, Qingyue. 2020. Nitrogen use efficiency and critical leaf N concentration of Aloe vera in urea and diammonium phosphate amended soil. Heliyon, 6(12): 57.
- 3) Chowdhury, T., Chowdhury, M. A. H., Qingyue, W., Enyoh, C. E., Wang, W. and M, Khan. S. I. (2021). Nutrient uptake and pharmaceutical compounds of Aloe vera as influenced by integration of inorganic fertilizer and poultry manure in soil. Heliyon, 7(7): 64.
- 4) Di-Gioia, F., Gonnella, M., Buono, V., Ayala, O., Cacchiarelli, J. and P, Santamaria. 2017. Calcium cyanamide effects on nitrogen use efficiency, yield, nitrates, and dry matter content of lettuce. Agronomy Journal, 109(1), 354-362.
- 5) Głowacka, A., Gruszecki, T., Szostak, B. and S, Michałek. 2019. The response of common bean to sulphur and molybdenum fertilization. International Journal of Agronomy.
- 6) Hanaa, S. H., El-Shal, M. A., El-Fattah, A. and M, Feleafel. 2017. Studies on Effect of Nitrogen Fertilization and Foliar Feeding of Calcium and Bio Stimulants on the Growth, Yield and Post-Harvest Quality of Garlic II. Effects of Nitrogen, Chitosan and Storage Durations on Post-Harvest Quality

- 15) Turjaman, M. and H. A, Ekamawanti. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization on nitrogen and phosphorus uptake and growth of Aloe vera. Hortscience, 42(7): 1737-1739.
- 16) Tabak, M., Lepiarczyk, A. and B, Filipek-Mazur. 2020. Supply. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 51(2): 175-185.
- 17) Valdez, M. 2021. Nitrogen and Potassium concentration in the nutrient solution affects growth, yield and physiology in bush snap beans. International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences, 5(1), 15-20.
- 18) Wang, S., Li, H., Liu, Q., Hu, S. and Y, Shi. 2020. Nitrogen uptake, growth and yield response of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea Batatas* L.) To Potassium.