Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 4, Winter 2022 (951-963)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.220045.1144

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰ (ص ۹۶۳-۹۵۱)

نشریه پژوهشی:

اثر سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر برخی صفات فیزیولوژیکی و ریخت شناسی علف طلایی (*Solidago canadensis* L.)

علی صفری[۱]، سعید ریزی[۲*]، نعمت الله اعتمادی[۳]، علی نیکبخت[۳]، عبدالرحمان محمدخانی[٤] و افسانه بدل‌زاده[٥]
۱ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۲، ٤ و ٥. استادیار، دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱/۱٤)

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر برخی صفات فیزیولوژیکی و ریخت شناسی گیاه علف طلایی (*Solidago canadensis* L.) آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) به عنوان فاکتور اصلی و کود فسفر در سه سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل) به عنوان فاکتور فرعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و اثر برهمکنش آن‌ها بر وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، زمان گلدهی، دوره‌ی گلدهی و میزان فلاونوئید گل معنی‌دار بود. افزایش نیتروژن و فسفر باعث زود گلدهی و افزایش طول دوره گلدهی در گیاهان تحت تیمار شد، به طوری که دوره‌ی گلدهی و زودترین زمان گلدهی آن‌ها در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر مشاهده شد. در مجموع، به منظور دستیابی به حداکثر شاخص‌های رشد در شرایط مشابه، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر برای پرورش گیاه علف طلایی به عنوان گیاهی زینتی-دارویی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: **تغذیه، سطح برگ، فلاونوئید، گلدهی، وزن تر و خشک هوایی، کاروتنوئید.**

Effect of different levels of nitrogen and phosphorous on some physiological and morphological traits of golden rod (*Solidago canadensis* L.)

Ali Safari[1], Saeed Reezi[2*], Nemat-Allah Etemadi[3], Ali Nikbakht[3], Abdolrahman Mohammadkhani[4] and Afsaneh Badalzadeh[5]
1, 3. Former M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculutre, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2, 4, 5. Assistant Professor, Associate Professor and Former M. Sc. Student, Faculty of Agriculutre, Shahr-e Kord University, Shahr-e Kord, Iran
(Received: Dec. 18, 2016 - Accepted: Apr. 03, 2021)

ABSTRACT

To evaluate the effect of different levels of nitrogen and phosphorous on some physiological and morphological traits of golden rod (*Solidago canadensis* L.) a split plot experiment carried out based on randomized complete block design with three replications in Research Farm of Shahrekord University. Nitrogen fertilizer at four levels of (0, 50, 100 and 150 kg/ha) as main factor and phosphorous fertilizer at three levels (0, 50 and 100 kg/ha) were used as subsidiary factor. Results showed that different levels of nitrogen, phosphorous and their interactions had a significant effect on growth indices such as shoot fresh and dry matter, leaf area and flower flavonoid content. Also, nitrogen and phosphorous application showed a significant effect on flowering time and flowering duration. Increasing in nitrogen and phosphorous levels, caused early flowering and increased flowering period in treatments as the best results observed in 150 kg/ha accompanied with 100 kg/ha of nitrogen. Generally, in order to obtain the maximum growth indices in same conditions, application of nitrogen in 150 kg/ha with phosphorous in 100 kg/ha can be suggested for golden rod cultivation as an ornamental and medicinal plant.

Keywords: Carotenoid, dry matter, flowering, leaf area, nutrition, shoot fresh.

* Corresponding author E-mail: sreezi57@yahoo.com

مقدمه

علف طلایی گیاهی است چند ساله از خانواده کاسنی (Asteraceae) دارای گل‌های زرد طلایی مجتمع که در کپه‌های متوسط غیر یکنواخت، با تعداد کم یا نسبتاً زیاد به صورت محوری و انتهایی ظاهر می‌شوند. این گیاه بومی آمریکای شمالی، قسمت‌هایی از اروپا و آسیا است و دارای ساقه طویل و گل‌های متعدد زرد رنگ زیبا می‌باشد. سولیداگوی کانادایی (*Solidago canadensis*) یکی از گونه‌های معروف این جنس می‌باشد که گیاهی دایمی است و به‌خاطر گل‌آذین‌های طویل و پر مانند آن که به فرم خوشه، پانیکول یا دیهیم روی ساقه‌های منشعب قرار دارند، کشت و کار می‌شود (شکل ۱). این گیاه از نظر دارویی در درمان بیماری‌هایی نظیر سرطان پروستات، سنگ کلیه و مجاری ادراری استفاده می‌شود. اسانس آن نیز دارای خواص ضد میکروبی می‌باشد که می‌تواند موجب کاهش میزان جهش و عفونت باکتریایی در محصولات غذایی شود (Krol, 2011).

در این میان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت گیاهان، تغذیه صحیح می‌باشد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم از عناصر غذایی پرمصرف بوده و در رشد و نمو، تولید مثل، تولید پروتئین، واکنش‌های آنزیمی، تولید ترکیب-های پرانرژی و همچنین رشد شاخساره و ریشه نقش بسزایی دارند. نیتروژن از جمله عناصری است که در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آن مطرح است، زیرا مقدار مواد آلی که عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن هستند در این مناطق بسیار کم بوده و در صورت وجود به سرعت تجزیه می‌گردند. این عنصر جزء سازنده مولکول‌های کلروفیل بوده و نقش مهمی در فتوسنتز ایفا می‌کند (Barker & Pilbeam, 2007). طی بررسی روی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و کیفیت گل همیشه بهار، گزارش شده است که کود نیتروژن باعث افزایش طول دوره گلدهی و نیز افزایش میزان اسانس در گل این گیاه می‌شود (Beata, 2011). نیتروژن روی ترکیبات شیمیایی، وزن تر و خشک گیاه همیشه بهار اثر مثبت داشته که احتمالاً به علت افزایش سنتز قندهای ساده، نشاسته، انتقال کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها می‌باشد. در تحقیقی که روی اثر سطوح نیتروژن بر میزان تولید گل، مواد مؤثره و کارایی مصرف نور روی همیشه بهار انجام شده بود نیز مشخص شد که تیمارهای نیتروژن باعث افزایش وزن خشک گل گردید (Ameri & Nasiri Mahalati, 2006).

فسفر نیز جزو عناصر ضروری در گیاه می‌باشد. فسفر در گیاه، نقش اساسی و مستقیمی در انتقال انرژی ایفا می‌کند. علت قدرت ترکیبات فسفری در انتقال انرژی این است که فسفر در بسیاری از پیوندهای شیمیایی می‌تواند در نتیجه هیدرولیز شکسته شده و تولید انرژی فراوانی نماید. نیاز گیاه به این عنصر، کمتر از دو عنصر نیتروژن و پتاسیم است. فسفر اغلب به صورت ارتوفسفات اولیه جذب گیاه می‌شود. این عنصر در ترکیبات آلی گیاه همچون فسفولیپیدها، نوکلئیک اسیدها، کوآنزیم‌ها، فسفوپروتئین‌ها و... حضور داشته و نقش مهمی در ذخیره و انتقال انرژی، نمو سیستم ریشه‌ای و مقاومت یا لیگنینی‌شدن بافت‌های رویشی ایفا می‌کند (Mercurio, 2007).

تحقیقات تأثیر فسفر بر سایر گیاهان نیز بیانگر این بود که کودهای فسفره موجب افزایش تعداد گل، وزن خشک گل و میزان اسانس در گیاه دارویی بابونه آلمانی می‌شود (Alijani *et al*., 2011). طبق مطالعه پژوهشگران دیگر روی اثر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد و ویژگی‌های کمی دو جمعیت اهلی و وحشی بابونه آلمانی نیز نشان داده شد که تیمارهای مختلف کودی اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک گل و شاخساره، ریشه و میزان گلدهی در این گیاه داشته است (Karami & Khoshkhoi, 2004). بنابراین با توجه به نتایج تحقیقات قبلی، این آزمایش به منظور بررسی واکنش گیاه زینتی-دارویی علف طلایی تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای نیتروژن و فسفر طراحی و اجرا گردید.

شکل ۱. علف طلایی
Figuer 1. *Solidago canadensis* L.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با اقلیم نیمه خشک، طول جغرافیایی ۵۰ درجه، ۵۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه، ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۰۱۷ متر از سطح دریا واقع در بخش مرکزی رشته کوه‌های زاگرس اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود اوره) به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح کود فسفر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود سوپر فسفات تریپل) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. کرت‌ها به شکل مربع در ابعاد ۱۶۰×۱۶۰ سانتی‌متر به فاصله ۱۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد و در هر کرت ۱۶ عدد نشاء به فاصله ۴۰×۴۰ سانتی‌متر از یکدیگر در اردیبهشت ماه کشت شد.

سپس آبیاری با توجه به شرایط اقلیمی محل رویش و سازگاری گیاه، برای تمام تیمارها یکسان و به صورت ثقلی انجام شد. در ابتدای کاشت نشاءها سه روز یکبار و بعد از استقرار کامل به منظور افزایش توسعه ریشه میزان آبیاری به هفته‌ای یکبار کاهش یافت، سپس دور آبیاری روی پنج روز یکبار تنظیم گردید. یک روز قبل از کاشت نشاءها، با توجه به ویژگی‌های آزمون خاک اعمال تیمار کود فسفره (گرانوله سوپر فسفات تریپل) در سطوح یاد شده انجام شد. در این آزمایش، پتاسیم خاک به روش فلیم فتومتری (Olsen *et al*., 1954)، نیتروژن خاک به روش تیتراسیون (Olsen *et al*., 1954) و فسفر کل به روش اولسن (Olsen *et al*., 1954)، بافت خاک به روش هیدرومتری (Kuo, 1996)، پی‌اچ و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۲ و درصد کربن آلی به روش اولسن (Olsen *et al*., 1954) اندازه‌گیری شد (جدول ۱). کود نیتروژن (اوره) نیز در دو نوبت به منظور جلوگیری از برگ سوختگی به صورت سرک نیمی از آن بعد از استقرار کامل گیاه در خاک و نیمی دیگر قبل از گلدهی اعمال شد. پس از هر بار کودپاشی، بلافاصله عمل مخلوط کردن با خاک و سپس آبیاری سبک انجام شد. وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام پذیرفت. در هنگام برداشت در مرحله گلدهی کامل (مرداد ماه)، در هر کرت، چهار گیاه به صورت تصادفی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای انتخاب شدند و وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، کلروفیل کل، کاروتنوئید و فلاونوئید گل، شروع گلدهی، طول مدت گلدهی، نیتروژن و فسفر در اندام هوایی مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.
Table 1. Physical and chemical properties of the soil of experiment.

Soil texture	Silty clay loam
EC	0.95 dS/m
pH	8.04
Total nitrogen	0.078%
Phosphorus Total	16.11 mg/kg
Available potassium	202.5 mg/kg

شاخص سطح برگ به روش وزنی (Hashemi Dezfuli, 2006) اندازه‌گیری شد. همچنین در این آزمایش جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ از روش آرنون استفاده شد (Arnon, 1975). عصاره برگ با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید و در نهایت غلظت کلروفیل a، b و کل، موجود در برگ با استفاده از روابط (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شد.

$$Chl_a\ (mg.g^{-1}) = [(12.7\ (OD_{663}) - 2.59\ (OD_{645})].[V/\ (1000.W)] \quad (۱)$$

$$Chl_b\ (mg.g^{-1}) = [22.9\ (OD_{645}) - 4.69\ (OD_{663})].[V/\ (1000.W)] \quad (۲)$$

$$Chl_T\ (mg.g^{-1}) = [20.2\ (OD_{645}) - 8.02\ (OD_{663})].[V/\ (1000.W)] \quad (۳)$$

که در این روابط، Chl_a، Chl_b و Chl_T به ترتیب میزان کلروفیل a، b و کل، OD_{663} و OD_{645}به ترتیب اپتیکال دانسیته عصاره در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر، V: حجم نهایی عصاره در استون ۸۰٪ و W: وزن نمونه بر حسب گرم می‌باشد. به منظور برآورد مقدار کاروتنوئید با در نظر گرفتن میزان جذب نمونه‌ها در ۴۷۰ نانومتر و رابطه ۴ استفاده شد (Nasibi, 2002).

$$C_{x+c} = \frac{(1000A_{470} - 1.8C_a - 85.02C_b)}{198} \quad (۴)$$

که در آن C_a ,C_b و C_{x+c} به ترتیب غلظت کلروفیل b a، و کاروتنوئیدها شامل کاروتن و گزانتوفیل برحسب

$mg.g^{-1}$ می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری میزان فلاونوئید در گل نیز ۱/۲۵ گرم از بافت گلچه‌های علف طلایی را از هر تکرار با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب و به آن ۵ میلی‌لیتر محلول اتانول: استون (به نسبت حجمی ۳:۷) اضافه شد. پس از هموژنیزه کردن به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس با کاغذ صافی این محلول فیلتر گردید و ۱۲۵۰ میکرولیتر محلول استخراج به آن اضافه شد. پس از صاف کردن محلول با کاغذ صافی آن را در شیشه‌های درپوش‌دار ریخته و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا قبل از اندازه‌گیری فلاونوئید کل نگهداری گردید. به ۱۵۰ میکرولیتر عصاره استخراج شده به ترتیب ۱۷۰۰ میکرولیتر اتانول ۳۰ درصد، ۱۵۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ($NaNO_2$) ۰/۵ میلی‌مولار و ۱۵۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ($AlCl_3$) ۰/۳ میلی‌مولار اضافه شد و بلافاصله مخلوط گردید. پس از گذشت ۵ دقیقه ۱۰۰ میکرولیتر محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) ۱ میلی‌مولار اضافه شده و ورتکس گردید. پس از ۱۵-۱۰ دقیقه میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۶ نانومتر قرائت شد (Du *et al.,* 2009). سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها در Excel انجام و محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای نیتروژن بر وزن تر اندام هوایی گیاه در سطح احتمال یک درصد و فسفر و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود این در حالیست که اثر تیمارهای نیتروژن، فسفر و اثر متقابل آن‌ها نیز بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی سولیداگوی کانادایی مطابقت دارد (Barad *et al.*, 2011). آن‌ها بیان کردند که افزایش نیتروژن خاک باعث افزایش محتوی نیتروژن برگ می‌شود چون فرآیند فتوسنتز با مقدار نیتروژن برگ ارتباط زیادی دارد، از طرفی فتوسنتز با رابیسکو و سایر پروتئین‌های موجود در مزوفیل مرتبط است و همزمان با کاهش میزان نیتروژن برگ، مقدار اکثر پروتئین‌های برگ نیز کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد مصرف نیتروژن با نقشی که در فرآیندهای متابولیسمی فتوسنتز دارد، منجر به افزایش ویژگی‌های رویشی می‌شود. در واقع کمبود نیتروژن، از طریق کاهش اندازه برگ، منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌گردد و این امر می‌تواند در کاهش رشد اندام هوایی مؤثر باشد. علت افزایش وزن خشک اندام هوایی با افزایش کاربرد کود نیتروژن را نیز می‌توان به دلیل افزایش سطح سبز دانست. زیرا مصرف کافی کودهای نیتروژنه در اوایل فصل رشد سبب گسترش سطح برگ، افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید مواد پرورده می‌گردد (Chopde *et al*., 2011; Javier *et al*., 2003).

مقایسه میانگین سطوح مختلف کود فسفر نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار بود (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی زنیان مطابقت دارد (Habibi & Talaei, 2014). آن‌ها بیان کردند که افزایش عملکرد بیولوژیک با افزایش شاخ و برگ و افزایش عملکرد تر و خشک ریشه با افزایش جذب همراه بود. در واقع علت این است که فسفر در ترکیبات آلی گیاه همچون فسفولیپیدها، نوکلئیک اسیدها، کوآنزیم‌ها، فسفوپروتئین‌ها و سایر ترکیبات حضور داشته و نقش مهمی در ذخیره و انتقال انرژی، نمو سیستم ریشه‌ای و مقاومت یا لیگنینی شدن بافت‌های رویشی ایفا می‌کند (Alijani *et al*., 2011). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف تیمارهای کودی نیز نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب با مقدار ۱۱۴/۸ و ۴۶/۲۲ گرم مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و کمترین میزان آن‌ها به ترتیب با مقدار ۷۱/۸۳ و ۲۲/۲۱ گرم در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و فسفر مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی سولیداگوی کانادایی مطابقت دارد (Rajput *et al*., 2014).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر نیتروژن و فسفر بر برخی صفات علف طلایی.

Table 2. Results of variance analysis effect of nitrogen and phosphorus on some traits of golden rod.

Source of variation	df	Mean of squares									
		Shoot fresh weight	Shoot dry weight	Leaf area	Total Chl.	Flower carotenoid	Flower flavonoid	Flowering time	Flowering duration	Shoot N	Shoot P
Block	2	3.97	0.61	9.34	0.550	0.062	0.084	1	8.69	0.0646	0.00000438
N	3	1297.09**	361.26**	71.82*	55.73**	1.534*	0.121*	81.138*	97.92*	0.2187**	0.00353*
P	2	368.34*	121.58**	24.18*	4.7^{ns}	0.125^{ns}	0.796*	31.08*	20.52*	0.0589*	0.00147*
P×N	6	152.88*	25.58**	14.09*	2.48*	0.167^{ns}	0.678*	13.86*	2.89*	0.0234^{ns}	0.000399^{ns}
Error	22	3.74	0.55	2.41	1.55	0.0504	0.036	1.27	1.93	0.0144	0.000364
CV(%)		2	2.06	4.9	3.93	6.71	3.27	1.14	2.28	3.32	6.37

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

ns, *, **: Not-significantly difference, significantly difference at 5 and 1 percent level of probability, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر نیتروژن و فسفر بر برخی صفات علف طلایی.

Table 3. Mean comparisons effect of nitrogen and phosphorus on some traits of golden rod.

	Nitrogen fertilizer (kg/h)	Phosphorus fertilizer (kg/h)			Mean
		0	50	100	
Shoot fresh weight (g)	0	71.83 ^{f}	72.80 ^{f}	98.88 ^{dc}	81.17 ^{e}
	50	92.35 ^{e}	96.47 ^{d}	92.18 ^{e}	98.66 ^{c}
	100	100.04 ^{c}	98.05 ^{cd}	104.85 ^{b}	100.98 ^{b}
	150	106.09 ^{b}	107.58 ^{b}	114.87 ^{a}	109.51 ^{a}
	Mean	92.58 ^{b}	93.72 ^{b}	102.69 ^{a}	-
Shoot dry weight (g)	0	22.21 ^{g}	25.30 ^{f}	35.86 ^{d}	27.79 ^{d}
	50	33.90 ^{e}	35.86 ^{d}	35.38 ^{d}	35.05 ^{c}
	100	31.57 ^{c}	37.54 ^{c}	41.58 ^{b}	38.88 ^{b}
	150	41.33 ^{b}	41.07 ^{b}	46.22 ^{a}	42.87 ^{a}
	Mean	33.74 ^{c}	34.94 ^{b}	39.76 ^{a}	-
Leaf area (cm^2)	0	26.22 ^{ef}	28.78 ^{f}	29.24 ^{de}	28.08 ^{d}
	50	31.25 ^{de}	31.76 ^{cd}	30.12 ^{de}	31.04 ^{c}
	100	31.81 ^{cd}	31.49 ^{d}	34.81 ^{b}	32.7 ^{b}
	150	31.20 ^{de}	34.13 ^{bc}	38.98 ^{a}	34.77 ^{a}
	Mean	30.76 ^{b}	30.90 ^{b}	33.29 ^{a}	-
Total chlorophyll (mg/g fw)	0	27.673 ^{e}	28.017 ^{e}	29.169 ^{de}	28.289 ^{c}
	50	31.75 ^{c}	31.470 ^{c}	31.540 ^{c}	31.586 ^{b}
	100	30.661 ^{cd}	32.004 ^{bc}	34.271 ^{a}	32.313 ^{b}
	150	34.659 ^{a}	34.056 ^{ab}	34.457 ^{a}	34.390 ^{a}
	Mean	31.188 ^{b}	31.386 ^{ab}	32.359 ^{a}	-
Flavonoid flower (% dry matter)	0	5.56 ^{fe}	6.3 ^{ab}	5.96 ^{cd}	5.94 ^{a}
	50	6.43 ^{a}	5.13 ^{g}	5.5 ^{f}	5.68 ^{b}
	100	6.36 ^{a}	5.46 ^{f}	5.86 ^{de}	5.9 ^{a}
	150	6.26 ^{abc}	6 ^{bcd}	5.46 ^{f}	5.91 ^{a}
	Mean	6.15 ^{a}	5.72 ^{b}	5.7 ^{b}	-
Flowering (Days after planting)	0	105.6 ^{a}	104.6 ^{a}	97.6 ^{ced}	102.6 ^{a}
	50	101.3 ^{b}	98 ^{cde}	99 ^{cd}	99.4 ^{b}
	100	97.6 ^{de}	99.3 ^{c}	97.3 ^{de}	98.1 ^{c}
	150	96.6 ^{ef}	95 ^{fg}	94.6 ^{g}	95.4 ^{d}
	Mean	100.3 ^{a}	99.2 ^{b}	97.1 ^{c}	-
Flowering duration (Days)	0	56.3 ^{gh}	55.6 ^{h}	60 ^{def}	57.3 ^{d}
	50	58.3 ^{efg}	57.6 ^{fgh}	60.6 ^{de}	58.8 ^{c}
	100	62 ^{cd}	62.3 ^{bcd}	62.3 ^{bcd}	62.2 ^{b}
	150	64.4 ^{ab}	63.3 ^{bc}	66 ^{a}	64.6 ^{a}
	Mean	60.3 ^{b}	59.7 ^{b}	62.2 ^{a}	-

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Same letters in each column represent no significant difference at 5% probability level based on LSD test.

سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای نیتروژن، فسفر و اثر متقابل آن‌ها بر سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین سطح برگ ۳۴/۷۷ سانتی‌متر مربع در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی گوجه فرنگی مطابقت دارد (Rahman *et al.*, 2007). این محققان بیان کردند که در واقع علت این است که کمبود نیتروژن به علت کاهش اندازه و دوام سطح برگ، باعث کاهش میزان نور دریافتی، کارایی استفاده از نور و فتوسنتز گیاه شده و به موازات آن عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد. از طرفی نیتروژن نیز یکی از عوامل اساسی در کنترل بیوماس و عملکرد از طریق تأثیر روی شاخص سطح برگ (دریافت تشعشع) و ظرفیت فتوسنتزی به ازای واحد سطح برگ می‌باشد. افزایش قابل ملاحظه شاخص سطح برگ به دلیل افزایش مصرف کود نیتروژنه است که

باعث افزایش اندازه، طول عمر برگ‌ها و ازدیاد شاخه‌دهی می‌شود (Du *et al*., 2009).

مقایسه میانگین سطوح مختلف کود فسفر نشان داد که بیشترین سطح برگ ۳۳/۲۹ سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بود (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی ذرت مطابقت دارد (Colomb *et al*., 2000). آن‌ها بیان کردند که فسفر یک عنصر ضروری برای رشد و توسعه گیاه می‌باشد و با افزایش میزان مصرف فسفر، رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد، بنابراین با افزایش شاخص سطح برگ، کلروفیل و فتوسنتز نیز بیشتر شده و در نهایت موجب افزایش رشد رویشی در گیاه شده است.

مقایسه میانگین سطوح متقابل فسفر و نیتروژن نیز نشان داد که بیشترین سطح برگ با ۳۸/۹۸ سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و کمترین آن ۲۶/۲۲ سانتی‌متر است که در عدم مصرف کود نیتروژن و فسفر مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی شنبلیله مطابقت دارد (Mehta *et al*., 2010). آن‌ها بیان کردند که اثر نیتروژن، فسفر و اثر متقابل آن‌ها با شاخص سطح برگ و وزن خشک ارتباط معنی‌داری دارد، که با افزایش میزان نیتروژن و فسفر میزان این شاخص‌ها در گیاه افزایش پیدا کرده است.

کلروفیل کل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۲) که نیتروژن بر میزان کلروفیل کل در برگ، در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، این در حالیست که فسفر بر کلروفیل کل برگ تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل در برگ ۳۴/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و صفر کیلوگرم در هکتار فسفر و کمترین میزان کلروفیل در برگ ۲۷/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در عدم مصرف کود نیتروژن و فسفر به دست آمد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگر دیگر روی موسیر و گیاه گوآر مطابقت دارد (Meftahizadeh & Asareh, 2021; Arefi *et al*., 2012). این محققان بیان کردند که بالا رفتن سطوح نیتروژن باعث افزایش میزان نسبی کلروفیل، فتوسنتز برگ و غلظت نیتروژن پیاز موسیر شده است.

مقایسه میانگین سطوح متقابل فسفر و نیتروژن نیز نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل کل در برگ در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و صفر کیلوگرم در هکتار فسفر (شاهد) و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر مشاهده گردید. نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشی روی موسیر مطابقت دارد (Arefi *et al*., 2012). این موضوع به علت نقش مهم عنصر ازت و عملکرد حیاتی آن در گیاه به ویژه در پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل می‌باشد. نیتروژن از عناصر تشکیل دهنده مولکول کلروفیل است که به عنوان ترکیبات ساختاری از کلروپلاست عمل می‌کند علاوه بر این، نیتروژن به عنوان بخش اصلی اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و لیپیدها نیز مطرح شده است (Rahmani *et al*., 2012).

کاروتنوئید گل

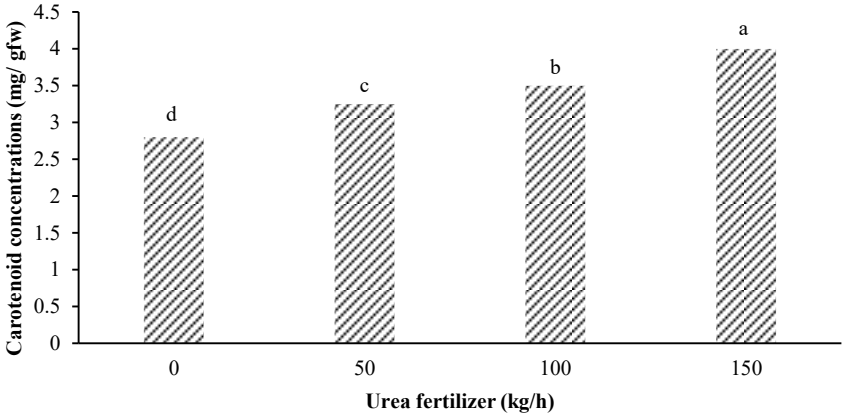
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن بر میزان کاروتنوئید گل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، این در حالیست که سطوح مختلف کود فسفر و اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان کاروتنوئید گل اثر معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید گل ۳/۸۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (شکل ۲). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی همیشه بهار مطابقت دارد (Legha *et al*., 2012). آن‌ها بیان کردند که القای رنگدانه‌های کاروتنوئیدها در همیشه بهار تحت تأثیر میزان نیتروژن و ساکارز بوده است. افزایش سطوح نیتروژن باعث افزایش بیوسنتز کاروتنوئیدها در این گیاه می‌شود و بیشترین افزایش کاروتنوئیدها در غلظت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار

نیتروژن مشهود بود. در واقع یکی از علل افزایش عملکرد با کاربرد نیتروژن توسعه مناسب اندام‌های هوایی طی دوره رشد، استفاده مفید از نور خورشید و افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه می‌باشد. با افزایش سطح برگ تا حد مطلوب، میزان عملکرد نیز بالا می‌رود. همچنین کاروتنوئیدها نقش اساسی در فعالیت فتوسنتزی بازی می‌کنند و در انتقال انرژی شرکت دارند و از اکسیداسیون خودبخودی در مرکز محافظت می‌کند (Lin *et al*., 2012). از طرفی نیتروژن جزء مهمی از مولکول کلروفیل است و هر چه مقدار عرضه این عنصر بیشتر شود مقدار پروتئین تولید شده بیشتر و در نتیجه برگ‌ها بزرگ‌تر شده و سطح کربن‌گیری افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش میزان نیتروژن میزان کاروتنوئیدها در گیاه افزایش پیدا می‌کند (Kuhn, 2006).

فلاونوئید گل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن، فسفر و اثر متقابل آن‌ها بر میزان فلاونوئید گل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان فلاونوئید (۵/۹۴ درصد وزن خشک) در عدم مصرف کود نیتروژن به دست آمد. با کاهش مصرف کود فسفر فلاونوئید گل افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان فلاونوئید (۶/۱۵ درصد وزن خشک) در عدم مصرف کود فسفر مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی گیاه لابیسیا مطابقت دارد (Ibrahim *et al*., 2011). آن‌ها بیان کردند که تیمارهای نیتروژن باعث کاهش تعداد میزان فلاونوئید در برگ شده و مجموع فلاونوئیدها در برگ با افزایش نیتروژن رابطه معکوس دارد. همچنین بیان کردند که افزایش ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث افزایش میزان فلاونوئید در گل شد، ولی افزایش بیشتر سطوح نیتروژن کاهش میزان فلاونوئید در چهار رقم گیاه لابیسیا را نشان داد.

مقایسه میانگین سطوح متقابل فسفر و نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان فلاونوئید گل (۶/۴۳ درصد وزن خشک) مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و صفر کیلوگرم در هکتار فسفر (شاهد) و کمترین میزان فلاونوئید گل ۵/۱۳ درصد وزن خشک مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بود (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی گیاه چای مطابقت دارد (Lin *et al*., 2012). آن‌ها بیان کردند که افزایش کود فسفر باعث کاهش میزان فلاونوئید در گیاه شده است. علت این است که فلاونوئیدها، نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در مقابل اشعه فرابنفش ایفا می‌کنند. فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) نیز جزئی از فلاونوئیدها و سنتز فنل است، فعالیت این آنزیم تحت تأثیر عوامل محیطی نظیر مقادیر کم مواد غذایی، نور (از طریق تأثیر آن بر فیتوکروم) و آلودگی قارچی افزایش می‌یابد (Kafi *et al*., 2011).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر میزان کاروتنوئید گل علف طلایی.

Figure 2. Mean comparison effect of nitrogen on flower carotenoid content in golden rod.

همچنین بیان شده که بیوسنتز ترکیب‌های پلی فنلی ممکن است با سنتز پروتئین و سنتز متابولیت‌های ثانویه در رقابت باشد، بنابراین گیاهانی که دچار کمبود نیتروژن هستند، احتمالاً دسترسی بیشتری به فنیل آلانین آمونیالیز که یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های مسیر ترکیبات فنلی است دارند و همین امر باعث افزایش نیتروژن و کاهش میزان فلاونوئید شده است (Kovacik & Backor, 2007).

شروع گلدهی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن، فسفر و اثر متقابل آن‌ها بر شروع گلدهی، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که سریع‌ترین گلدهی ۹۵/۴ روز بعد از کاشت در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و طولانی‌ترین گلدهی ۱۰۲/۶ روز بعد از کاشت در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن (شاهد) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی سولیداگو کانادایی مطابقت دارد (Rajput *et al*., 2014). آن‌ها بیان کردند که تیمارهای نیتروژن باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی شده است که با افزایش میزان نیتروژن تعداد روز تا گلدهی نیز کاهش یافت. در واقع تغذیه مناسب گیاهی با نیتروژن افزایش قابل توجه رشد رویشی، تولید مواد فتوسنتزی را موجب می‌شود که باعث افزایش راندمان فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد گل را موجب می‌گردد که در نهایت باعث افزایش دوره رشد رویشی و موجب تسریع در گلدهی گیاهان شده است.

مقایسه میانگین سطوح مختلف کود فسفر نشان داد که با افزایش میزان فسفر گلدهی سریع‌تر انجام گردید و سریع‌ترین گلدهی ۹۷/۱ روز بعد از کاشت مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بود (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی بابونه مطابقت دارد (Alijani *et al*., 2011). آن‌ها بیان کردند که افزایش غلظت فسفر و نیتروژن، باعث تسریع در گلدهی می‌شود. همچنین بیان کردند که فسفر عنصری است که به ویژه در بخش‌های زایشی گیاه بسیار دارای اهمیت است، کودهای فسفره باعث رشد زایشی و زودرسی گیاهان می‌شوند. از طرفی گیاهان دچار کمبود فسفر در حال رشد و در مقایسه با گیاهانی که کمبود فسفر در آن‌ها وجود ندارد، اغلب به رنگ سبز تیره دیده می‌شوند و در مقایسه با گیاهان حاوی فسفر کافی بلوغشان به تعویق می‌افتد (Lindsay & Norvell, 1978).

مقایسه میانگین سطوح متقابل فسفر و نیتروژن نیز نشان داد که سریع‌ترین گلدهی ۹۴/۶ روز بعد از کاشت مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و دیرترین گلدهی ۱۰۵/۶ روز بعد از کاشت در عدم مصرف کود نیتروژن و فسفر (شاهد) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی بابونه مطابقت دارد (Alijani *et al*., 2011).

طول دوره گلدهی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن، فسفر و اثر متقابل آن‌ها بر طول مدت گلدهی، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین مدت گلدهی ۶۶ روز در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی سولیداگو کانادایی مطابقت دارد (Rajput *et al*., 2014). این محققان بیان کردند که نیتروژن، باعث افزایش طول مدت گلدهی و طول عمر گل آذین در گیاه شده است. در واقع کود نیتروژن موجب افزایش دوره رشد زایشی می‌شود و گلدهی را به تأخیر می‌اندازد، این امر می‌تواند به تحریک رشد رویشی توسط کود نیتروژن و نیز انتقال مجدد دیرتر مواد از برگ‌های مسن به برگ‌های جوان و در نتیجه ظهور دیرتر پیری ربط داده شود. همچنین با افزایش رشد رویشی و به تأخیر انداختن گرده افشانی باعث تأخیر در پیری می‌شود.

مقایسه میانگین سطوح مختلف کود فسفر نشان داد که بیشترین مدت گلدهی ۶۲/۲ روز در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی علف طلایی

مطابقت دارد (Chopde *et al*., 2011). علت این است که فسفر در فعالیت متابولیکی گیاه نقش داشته و به طور غیر مستقیم بر عملکرد محصولات تأثیر می‌گذارد. فسفر به صورت ترکیبات آلی فیتات در گیاه ذخیره می‌شود و به همراه سایر عناصر در ساختمان دانهٔ گرده شرکت دارد. این عنصر در تشکیل بذر نقشی اساسی داشته و به مقدار زیاد در بذر و میوه یافت می‌شود. فسفر برخلاف ازت که در رشد رویشی گیاه مهم است، بیشترین نقش را در رشد زایشی و تشکیل گل و میوه در گیاه به عهده دارد. همچنین گزارش‌های حاکی از آن است که غلظت‌های مختلف فسفر بر تعداد گل در بوته، کاهش مدت زمان گلدهی و افزایش عملکرد مؤثر است.

مقایسه میانگین سطوح متقابل فسفر و نیتروژن نیز نشان داد که بیشترین طول مدت گلدهی در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگر دیگر روی همیشه بهار مطابقت دارد (Krol, 2011). او دریافت که، افزایش سطوح نیتروژن و فسفر افزایش طول مدت گلدهی در این گیاه را به همراه داشته است.

نیتروژن در اندام هوایی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و فسفر در سطح احتمال پنج درصد بر میزان نیتروژن در اندام هوایی معنی‌دار بود، این در حالیست که اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن ۳/۷۹ در وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد (شکل۳). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی همیشه بهار مطابقت دارد (Rahmani *et al*., 2012). علت این گونه بیان شده است که نیتروژن یکی از اجزای تشکیل دهنده آمینواسیدها، پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و کلروفیل می‌باشد و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه دارد. همچنین رشد برگ‌ها توسط نیتروژن کنترل می‌شود. از طرفی همان‌گونه که مشخص است ازت اوره به شکل آمونیوم می‌باشد. بخش زیادی از این آمونیوم در ریشه‌ها به ترکیبات آلی تبدیل می‌شود و از آنجا به قسمت‌های هوایی گیاه به ویژه برگ‌ها منتقل می‌شود. بنابراین با افزودن اوره به خاک، میزان ازت برگ افزایش می‌یابد ولی افزودن بیش از حد ازت به خاک سبب جذب بی رویه ازت گیاه نمی‌شود و گیاه در حد مورد نیاز خود توسط ریشه ازت جذب می‌کند (Rahmani *et al*., 2012).

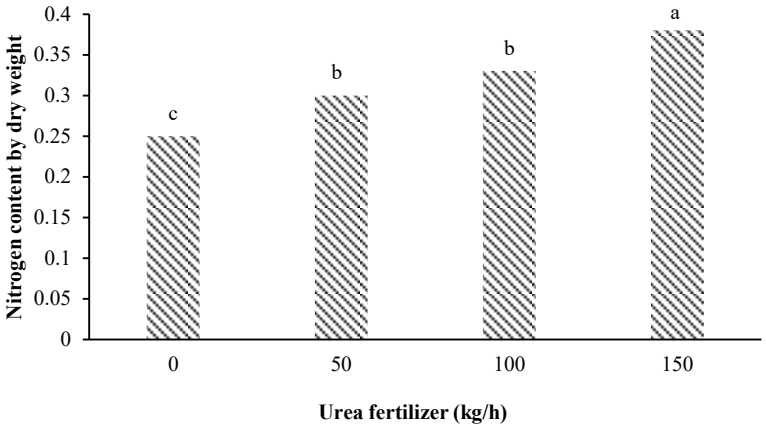
مقایسه میانگین سطوح مختلف کود فسفر نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن ۴/۳ در وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر مشاهده شد (شکل ۴). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی ذرت مطابقت دارد (Maleki Narg *et al*., 2013). آن‌ها بیان کردند که افزایش سطوح فسفر باعث افزایش مقدار وزن خشک در اندام هوایی در گیاه شده است. علت این است که افزایش فسفر تا حد مناسب باعث رشد ریشه گیاه می‌شود و در نتیجه جذب ازت نیز افزایش می‌یابد. زیرا فسفر یکی از عناصر مهم مورد نیاز گیاهان می‌باشد که باعث رشد و گسترش ریشه‌ها، رشد و ضخیم‌تر شدن ساقه‌ها می‌شود. به همین دلیل گیاه می‌تواند از حجم بیشتری از خاک به منظور جذب عناصر غذایی و رطوبت استفاده کند که در چنین شرایطی جذب و کارایی استفاده عناصر غذایی افزایش می‌یابد و رشد ریشه بیشتر می‌شود.

فسفر در اندام هوایی

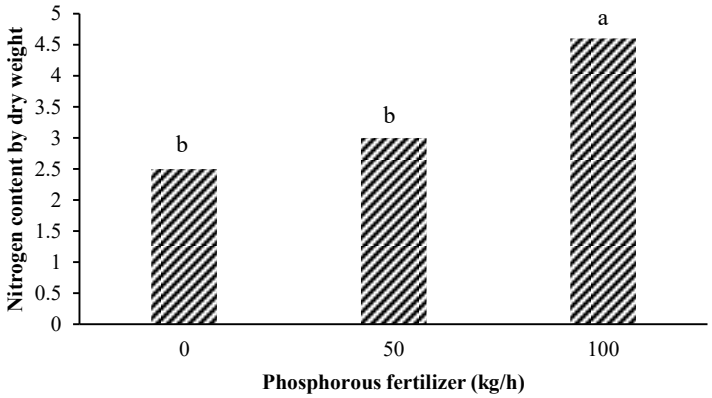
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن و فسفر در سطح احتمال پنج درصد بر میزان فسفر در اندام هوایی معنی‌دار بود، این در حالیست که اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین درصد فسفر (۰/۳۲۶) در وزن خشک در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد (شکل ۵). نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی ذرت و گل سوسن مطابقت دارد (Nabavi Mohajer *et al.* 2019; Maleki Narg *et al*., 2013). آن‌ها بیان کردند که در بین عناصر غذایی، نیتروژن

بیشترین راندمان تولید را داراست و به طور همزمان فتوسنتز و تشکیل کلروفیل را تحریک می‌کند، متابولیسم را افزایش می‌دهد و تراوش برخی از اسیدها از ریشه را تسهیل می‌کند.

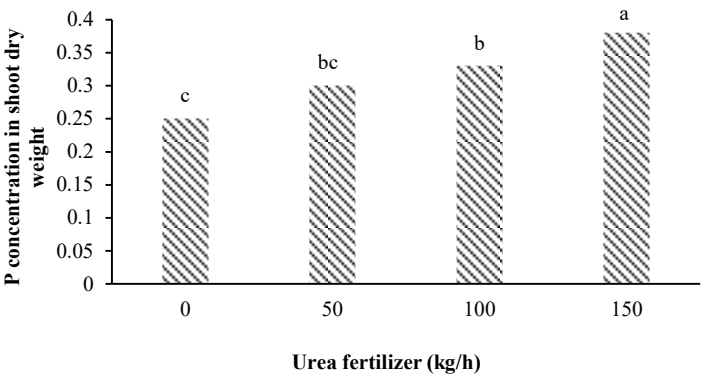
مقایسه میانگین سطوح مختلف کود فسفر نشان داد که بیشترین درصد فسفر اندام هوایی (۰/۳۱۱) وزن خشک مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بود (شکل ۶).



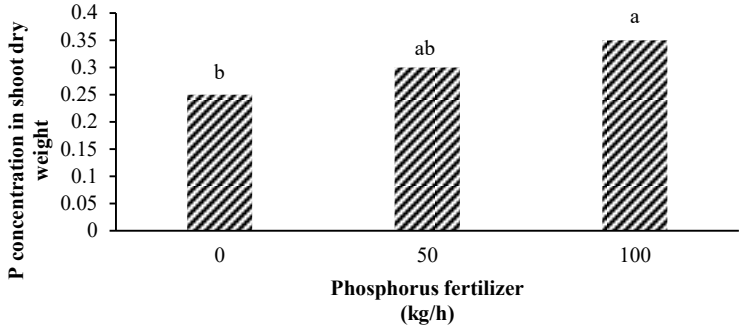
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر میزان نیتروژن شاخساره علف طلایی.
Figure 3. Mean comparison effect of nitrogen on shoot nitrogen content of golden rod.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر فسفر بر میزان نیتروژن شاخساره علف طلایی.
Figure 4. Mean comparison effect of phosphorous on nitrogen shoot nitrogen content of golden rod.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر میزان فسفر شاخساره علف طلایی.
Figure 5. Mean comparison effect of nitrogen on shoot phosphorus content of golden rod.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر فسفر بر میزان فسفر شاخساره علف طلایی.
Figure 6. Mean comparison effect of phosphorous on shoot phosphorus content of golden rod.

نتایج این مطالعه با نتایج پژوهشگران دیگر روی چای مطابقت دارد (Lin *et al*., 2012). می‌توان دلیل افزایش فسفر را با مصرف نیتروژن، کاربرد فسفر در ساختمان مولکول‌های پرانرژی در فرآیند فتوسنتز و ساختن بسیاری از ترکیبات آلی مانند اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین‌ها و کوآنزیم‌ها دانست، در نتیجه با افزایش نیتروژن جذب فسفر نیز افزایش می‌یابد. زیرا پس از نیتروژن، فسفر مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است و گیاهان برای ساختن بسیاری از ترکیبات آلی مانند اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین‌ها و کوآنزیم‌ها، همچنین برای جذب و انتقال انرژی شیمیایی و سوخت و ساز حیاتی به عنصر فوق نیاز دارند از طرفی اکثراً فسفر به صورت ارتوفسفات اولیه جذب گیاه می‌شود و یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز گیاهان می‌باشد که رشد و قوی‌تر شدن ریشه‌ها، رشد و ضخیم‌تر شدن ساقه‌ها را به همراه دارد و نیز باعث افزایش جذب عناصر در گیاه می‌شود (Tessier *et al*., 1979).

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش کاربرد نیتروژن و فسفر باعث بهبود شاخص‌های رشد، از جمله وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ و اکثر صفات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی در گیاه علف طلایی شده است. کاربرد کود فسفر نیز تنها بر فلاونوئید گل، شروع گلدهی، طول مدت گلدهی، نیتروژن و فسفر در اندام هوایی معنی‌دار شد. البته در کاربرد توأم فسفر و نیتروژن این اثرات تنها بر کلروفیل کل، فلاونوئید گل، شروع گلدهی و طول مدت گلدهی مؤثر بود. بنابراین بیشترین میزان افزایش برخی صفات در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به دست آمد و باعث بهبود ویژگی‌های رشدی در این گیاه شد.

REFERENCES

1. Alijani, M., Amini Dehaghi M., Malboobi M. A., Zahebi, M., & Madares Sanavi S.A.M. (2011). The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate bio-fertilizer (Barvar 2) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of (*Matricaria recutita* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(3), 450-459. (In Farsi).
2. Ameri, A. A., & Nasiri Mahalati M. (2006). Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *Pajouhesh and Sazandegi*, 2(81), 133-144. (In Farsi).
3. Arefi A., Kafi M., Khazaei H.R. & Banaeian M. (2012). Evaluation the effect of different levels of N, P and K on yield, photosynthesis and chlorophyll pigments and nitrogen content in shallot. *Agroecology in Agriculture*, 4, 207-214. (In Farsi).
4. Arnon, D. I. (1975). Physiological Principles of dry land crop production. In Gupta U.S. (Ed), *Physiological aspects of dry land farming* (pp. 414) Oxford Press.

5. Barad, A. V., Revar, H. J., & Rajput, S. T. (2011). Effect of nitrogen levels and cuttings (main and ratoon) on golden rod (*Solidago canadensis* L.) during summer and rainy season planting. *Indiana Journal of Horticulture*, 68, 379-385.
6. Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, Boca Raton, FL., USA.
7. Beata, K. (2011). The effect of different nitrogen fertilization rates on yield in and quality of marigold (C*alendula officinalis* L) material. *Acta Agroboanica*, 64, 29-34.
8. Chopde, N., Kokate, S., Raut, P. D., & Thakre, S. (2011). Growth, flowering and yield of golden rod as influenced by nitrogen and potassium. *Journal of Soil and Crops*, 21, 302-305.
9. Colomb, B., Kinivy, R., & Debaeke, P. H. (2000). Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. *Agronomy Journal*, 25, 428- 443.
10. Du, G. M. Li., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in actinidia fruits. *Food Chemistry*, 113, 557–562.
11. Habibi, H., & Talaei, G.H. (2014). Effect of biological phosphate and chemical phosphorus fertilizer on yield and yield components of Ajowan (*Carum copticum*). *Agriculture Advances*, 3, 88-94.
12. Hashemi Dezfuli, A. (2006). *Crop Physiology Booklet*. Textbook of M.Sc., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran, Ahvaz University. (In Farsi).
13. Ibrahim, M. H., Jaafar, H. Z., Rahmat, A., & Rahman, Z. A. (2011). Effects of nitrogen fertilization on synthesis of primary and secondary metabolites in three varieties of kacip fatimah *Labisia pumila* Blume. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 5238-5254.
14. Javier G., Jaume F., Maurici Mus, J.C., Elkadri L. & Hipolito M. (2003). Relationship between maximum leaf photosynthesis, nitrogen content and specific leaf area in balearic endemic and non-endemic Mediterranean species. *Annals of Botany*, 92(2), 215–222.
15. Kafi, M., Zand, A., Mahdavi Damghani, A., & Abbasi, F. (2011). *Physiology plant 2*. Publications University of Mashhad. 300 pages. (In Farsi).
16. Karami, A., & Khoshkhoi, M. (2004). Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and quantitative characteristics of cultivated and wild populations of German chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert). *Journal of Horticultural Science and Technology*, 7(3), 181-192. (In Farsi).
17. Kovacik, J., & Backor, M. (2007). Changes of phenolic metabolism and oxidative status in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* plants. *Plant Soil*, 297, 255-265.
18. Krol, B. (2011). The effects of different nitrogen fertilization rates on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L. 'Tokaj') raw material. *Acta Agronomy*, 64, 29-34.
19. Kuhn, N. (2006). Intentions for the unintentional spontaneous vegetation as the Basis for innovative planting design in urban Areas. *Journal of Landscape Architecture*, 1, 46-53.
20. Kuo, S. (1996). Phosphorus. In: D. L. Sparks (Ed), *Methods of Soil Analysis*. (Part 3), Soil Science Society of America, Madison. Wisconsin.
21. Legha, M. R., Prasad, K. V., Kaur, C., Arora, A., & Kumar, S. (2012). Induction of carotenoid pigments in callus cultures of *Calendula officinalis* L. in response to nitrogen and sucrose levels. *International Vitro Cell Developmental Biology Plant*, 48, 99-106.
22. Lin, Z. H., Qi, Y. P., Chen, R. B., Zhang, F. Z., & Chen, L. S. (2012). Effects of phosphorus supply on the quality of green tea. *Food Chemistry*, 30, 908-914.
23. Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
24. Maleki Narg, M., Hamidreza Balouchi., M. Farajee, H. & Yadavi, A. (2013). The effect of nitrogen and phosphorus chemical and biological fertilizers on grain yield and qualitative traits of sweet corn. *Journal of sustainable agricultural production*, 23, 89-105. (In Farsi).
25. Meftahizadeh, H. & M.H. Asareh. (2021). Evaluation of palnt density and nitrogen on phonological characteristics, photosynthesis capacity and qualitative traits of guar landrace (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.). *Iranian Journal of Horticultural Science,* 52, 329-339. (In Farsi).
26. Mehta, R. S., Patel, B. S., Meena, S. S., & Meena, R. S. (2010). Influence of nitrogen, phosphorus and bio-fertilizers on growth characters and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Agronomy Crops*, 19, 23-28.
27. Mercurio, G. (2007). *Cut rose cultivation around the world*. Schreurs. The Netherlands.
28. Nabavi Mohajer, Z.S., Hassanpour Asil, M. & Olfati J.A. (2019). Effect of macro elements concentration on quantitative and qualitative traits of lily cut flower (*Lilium* LA Hybrid Fangio) in soilless culture. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 50, 47-60. (In Farsi).
29. Nasibi, F. (2002). *The effect of different bands of ultraviolet radiation on some growth indices and oxidative stress parameters in rapeseed* (*Brassica napus* L.). M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman. 124 pp. (In Farsi).

30. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. United States Department of Agriculture; Washington, Circular, 939.
31. Rahman, M. J., Mondal, A. T., Rahman, M. A., Bgume, M. N., & Alam, M. K. (2007). Effect of irrigation and nitrogen on tomato yield in the gray traces soil of Bangladesh. *Journal of Soil and Nature*, 3, 1-4.
32. Rahmani, N., Taherkhani, T., Zandi, P., & Moradi, A. (2012). Effect of regulated deficit irrigation and nitrogen levels on flavonoid content and extract performance of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Annals of Biological Research*, 3, 2624-2630.
33. Rajput, S. T., Rajput, S. G., Barad, A. V., & Bhamare, S. P. (2014). Effect of nitrogen levels on golden rod (*Solidago canadensis* L.). *Journal of Life Science*, 11, 201-203.
34. Tessier, A., Campbell, P. G. C., & Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metal. *Analytical Chemistry*, 51, 844-851.