اثر برخی مشخصات خاک بر محتوای آلکالوئید تام غدد زیرزمینی گیاه علف کبکی

حدیث روشندل* و رشید جامعی

دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۹/ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲۱

دانشکدهٔ علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه
*مسئول مکاتبات: Rhadis64@yahoo.com

چکیده. علف کبکی گیاهی است متعلق به تیرهٔ شیرپنجه که غدد زیرزمینی غنی از آلکالوئید دارد. در پژوهش حاضر، محتوای آلکالوئید تام غدد زیرزمینی علف کبکی مناطق نقده، زنجان و بوکان به روش اسپکتروفتومتری بررسی شد. اثر برخی مشخصات خاک منطقهٔ رویش مانند نیتروژن کل، پتاسیم، اسیدیتهٔ خاک، نوع بافت خاک و محتوای نیترات غدد زیرزمینی، بر روی محتوای آلکالوئید تام گیاه سنجیده شد. نتایج تحلیل داده‌ها تفاوت معنی‌داری میان محتوای آلکالوئید تام گیاه علف کبکی نقده، زنجان و بوکان نشان داد. نتایج همچنین تفاوت معنی‌داری را میان محتوای نیترات علف کبکی در سه منطقه نشان داد. بیشترین و کمترین محتوای نیترات به‌ترتیب مربوط به نقده و بوکان بود. بررسی نمونه‌های خاک مناطق مختلف نشان داد که بافت خاک نقده رسی- لومی، زنجان سیلتی- رسی- لومی و بوکان لومی- شنی است. همچنین مشخص شد که با افزایش درصد شن خاک، مقدار آلکالوئید تام گیاه افزایش می‌یابد. اثر اسیدیتهٔ خاک بر محتوای آلکالوئید تام معنی‌دار نبود.

واژه های کلیدی. نیترات، آلکالوئید تام، بافت خاک، نیتروژن، پتاسیم

The effect of some soil parameters on the total alkaloid levels of tubers of *Bongardia chrysogonum* in three regions of Iran

Hadis Roshandel* and Rashid Jamei

Received 08.02.2014/ Accepted 11.05.2015

Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
*Correspondent author: Rhadis64@yahoo.com

Abstract. The tubers of *Bongardia chrysogonum*, belonging to to Podophyllaceae, are rich in alkaloids. In this study, total alkaloid content of the tubers of this plant in Naghadeh, Zanjan and Boukan were determined by spectrophotometeric method. In addition, the effects of soil characteristics such as total nitrogen, potassium, pH, soil texture and tubers nitrate levels on the plant total alkaloid content were measured. The results of the analyses indicated significant differences between the total alkaloid content of *B.chrysogonum* in these three regions. Moreover, the results showed significant differences among nitrates amounts of this plant in these habitats. The highest and lowest nitrate contents belong to Naghadeh and Boukan plants, respectively. The evaluation of soil samples of these three regions indicated that the texture of soil in Naghadeh is clay-loamy, in Zanjan it is silty- clay- loamy and in Boukan it is loamy-sandy. It was also discovered that increase in plant total alkaloid content depends on the increase of sand percentag in soil to some extent. The effect of soil pH on total alkaloid content turned out to be nonsignificant.

Keywords. nitrate, total alkaloid, soil texture, nitrogen, potassium

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

مقدمه

علف کبکی گیاهی علفی، پایا، چندساله با غدد زیرزمینی عمیق، متعلق به تیرهٔ شیرپنجه است. علف کبکی در ارتفاعات و در اراضی زراعی حاصل‌خیز شخم‌خورده (به‌منزلهٔ علف هرز) می‌روید (معروفی، ۱۳۸۶). غده‌های زیرزمینی این گیاه منبع غنی آلکالوئید است. این آلکالوئیدها از خانوادهٔ آلکالوئیدهای کینولیزیدین، ایزوکینولیزیدین و پیریدین هستند. آلکالوئیدهای گیاهی از بزرگ‌ترین گروه‌های تولید طبیعی به شمار می‌روند که ازنظر داروشناسی ترکیبات فعال بسیاری را فراهم می‌کنند. این ترکیبات مهم‌ترین گروه دگرگوهره‌های ثانویه می‌باشند که یا مشتق از آمینواسیدها یا حاصل فرایند ترانس‌آمیناسیون ۵ هستند (Aniszewski, 2007). یکی از مهم‌ترین نقش‌های آن‌ها حفاظت گیاه در مقابل رادیکال‌های تولیدشده در بافت‌های گیاهی در حضور نور است (Tadeusz, 2007). آلکالوئیدها دارای محدودهٔ وسیعی از فعالیت زیستی و فارماکولوژیک هستند. وجود این دگرگوهره‌های ثانویه در غدد زیرزمینی علف کبکی باعث شده از این گیاه در طب سنتی کشور ترکیه برای درمان بیماری هایی مانند هموروئید، بزرگ‌شدگی پروستات و عفونت‌های مجاری ادراری شده است (Rahman *et al.*, 1999). ارتباط میان مواد غذایی در خاک و تغییرات در مقدار آلکالوئیدهای گیاهی یکی از موضوعات بسیار مهم در زیست‌شناسی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهی است. در این تحقیق با توجه به اهمیت دارویی آلکالوئیدهای گیاه علف کبکی، محتوای آلکالوئید تام موجود در غدد زیرزمینی این گیاه و همچنین اثر برخی عوامل محیطی بر مقدار آلکالوئید تام در فصل گل‌دهی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

گیاه علف کبکی از سه منطقهٔ سلطان‌یعقوب واقع در شهرستان نقده از استان آذربایجان‌غربی، روستای زواجر واقع در شهرستان زنجان از استان زنجان و منطقه زران دول واقع در شهرستان بوکان از استان آذربایجان‌غربی در اردیبهشت‌ماه (فصل گل‌دهی) سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شدند. گیاهان در هرباریوم گروه زیست‌شناسی دانشگاه ارومیه شناسایی شدند. نمونه‌ها (غدد زیرزمینی) با آب مقطر شست‌وشو داده و در دمای اتاق، دور از نور خورشید و رطوبت خشک و آسیاب شدند. همچنین خاک هر سه منطقه برای انجام بررسی‌های خاک‌شناسی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد.

آماده‌سازی محلول‌ها برای اندازه‌گیری محتوای آلکالوئید تام

جهت تهیهٔ بروموکروزول سبز با غلظت ۱×۱۰^{-۴} مولار، ۶۹/۸ میلی‌گرم از آن در ۳ میلی‌لیتر سود ۲ نرمال و ۵ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر حل شد. محلول حاصل تا انحلال کامل حرارت داده شد و با آب دوبار تقطیر به حجم یک لیتر رسانده شد. برای تهیهٔ بافر فسفات، اسیدیتهٔ فسفات سدیم ۲مولار (۷۱/۶ گرم از Na_2HPO_4 در یک لیتر آب دوبار تقطیر) در۴/۷ تنظیم شد. برای تهیهٔ محلول استاندارد مورفین، ۱۰۰ میلی‌گرم مورفین (تهیه‌شده از معاونت غذا و داروی تهران) در ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر حل شد (Shamsa *et al.*, 2008).

آماده‌سازی منحنی استاندارد برای اندازه‌گیری آلکالوئید تام

مقادیر متفاوت ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱ و ۱/۲ میلی لیتر از محلول استاندارد مورفین در قیف‌های جداکنندهٔ جداگانه قرار گرفت. در مرحلهٔ بعد ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات و ۵ میلی‌لیتر محلول بروموکرزول سبز به هرکدام اضافه و با ۵، ۸ و ۱۰ میلی‌لیتر کلروفرم عصاره‌گیری شد. فاز کلروفرمی به بالن ۲۵ میلی‌لیتری منتقل شد و به حجم رسید. سپس جذب کمپلکس در ۴۱۵ نانومتر درمقابل محلول بدون مورفین، اندازه‌گیری شد (Shamsa *et al.*, 2008).

تهیهٔ عصارهٔ تام آلکالوئیدی و سنجش میزان آن

آلکالوئیدهای غدد زیرزمینی نمونه‌ها با تلفیقی از روش‌های کرن و شمسا عصاره‌گیری شد (Krenn *et al.*, 1998; Shamsa *et al.*, 2008). ابتدا یک گرم از نمونه‌های خشک و آسیاب‌

شده در ۸۰ میلی‌لیتر اسیداستیک ۰/۰۵ درصد (v/v) هجده ساعت خیسانده شد. ده میلی‌لیتر از عصارهٔ صاف شده چندین‌بار با کلروفرم (هر بار ۱۰ میلی لیتر) شست‌وشو داده شد، تااین‌که همهٔ مواد رنگی حذف شود و کلروفرم حاصل از شست‌وشو رنگی نباشد. در انتها، اسیدیتهٔ محلول باقی‌مانده با آمونیاک به ۷ رسانده شد و به آن ۵ میلی‌لیتر معرف بروموکرزول سبز و ۵ میلی‌لیتر بافر استات اضافه شد و سه‌بار با سه حجم از کلروفرم (۵، ۸ و ۱۰ میلی لیتر) عصاره‌گیری شد. بعد از جداشدن دو فاز، به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در این مرحله وجود رنگ زرد در فاز پائینی نشان‌دهندهٔ حضور آلکالوئید است. فاز آلکالوئیدی جدا و با دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نوری آن در ۴۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. درنهایت محتوای آلکالوئید تام نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد مورفین تعیین شد.

آماده‌سازی منحنی استاندارد نیترات

نیم‌میلی‌لیتر از غلظت‌های مختلف (۱، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) محلول استاندارد نیترات سدیم ($NaNO_3$) به ۰/۸ میلی‌لیتر اسیدسالیسیلیک ۵ درصد اضافه شد و ۲۰ دقیقه در دمای اتاق نگه داشته‌شد. سپس ۱۹ میلی‌لیتر سود ۲ نرمال به آن اضافه شد تا pH بیشتر از ۱۲ شود. نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شدند و با استفاده از اسپکتروفتومتر میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. محتوای نیترات نمونه‌ها با استفاده از معادلهٔ منحنی استاندارد (Y= 0.037X- 0.00275, R2= 0.998) تعیین شد (Cataldo *et al.*, 1975).

اندازه‌گیری میزان نیترات موجود در نمونه‌های گیاهی

به ۱ گرم از نمونه‌های گیاهی خشک و آسیاب شده ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر اضافه شد. سپس ۳۰ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد. نمونه‌ها پس از سرد شدن، در g ۶۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. نیم میلی‌لیتر از محلول رویی به درون لولهٔ آزمایش منتقل و به آن ۰/۸ میلی‌لیتر اسید سالیسیلیک ۵ درصد اضافه شد و به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق نگه‌داری شد. دراین مرحله ۱۹ میلی لیترسود ۲ نرمال به آن اضافه شد تا pH بیش از ۱۲ شود. در انتها نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شدند و میزان جذب محلول لیمویی‌رنگ حاصل در ۴۱۰ نانومتر خوانده شد (Cataldo *et al.*, 1975).

تحلیل خاک

نمونه‌های خاک پس‌از خشک شدن در هوا از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. pH عصارهٔ اشباع بافت خاک به روش هیدرومتری، پتاسیم قابل جذب با استفاده از استات آمونیوم نرمال و خنثی و میزان نیتروژن خاک به روش کجدال اندازه‌گیری شد (خوش گفتار، ۱۳۸۶).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج آزمایش در سه تکرار به صورت مقادیر میانگین و خطای استاندارد (SE) بیان شد. اختلاف میان نمونه‌های مناطق مختلف با استفاده از تحلیل واریانس یک‌سویه (آنوا) در سطح احتمال ۵ درصد ($p< ۰/۰۵$) بررسی شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SPSS.16 و اکسل ۲۰۰۷ انجام شد.

نتایج

سنجش کمی آلکالوئید تام و میزان نیترات

میانگین محتوای آلکالوئید تام و محتوای نیترات غدد زیرزمینی علف کبکی از سه منطقهٔ مختلف در جدول ۱ نشان داده شده‌است. بین محتوای آلکالوئید تام غدد زیرزمینی علف کبکی منطقهٔ نقده با منطقهٔ زنجان و منطقهٔ بوکان اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. محتوای آلکالوئیدی علف کبکی منطقهٔ بوکان به طور معنی‌داری بیشتر از محتوای آلکالوئیدی مناطق نقده و زنجان بود و کمترین آن مربوط به منطقهٔ نقده بود. بین محتوای نیترات علف کبکی منطقهٔ نقده، منطقهٔ زنجان و منطقهٔ بوکان اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین و کمترین مقدار نیترات به‌ترتیب در علف کبکی منطقهٔ نقده و منطقهٔ بوکان مشاهده شد.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

جدول ۱- محتوای آلکالوئید تام (میلی گرم بر گرم وزن خشک) و محتوای نیترات (میکروگرم بر گرم) غدد زیرزمینی گیاه علف کبکی از سه منطقهٔ مختلف. (داده‌ها به صورت میانگین±SE نشان داده شده و حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است).

Table 1. The total alkaloid (mg/g dw) and nitrate contents (µg/g) of *Bongardia chrysogonum* tubers in three different regions (Data are shown as mean±SE and dissimilar letters in each column indicate significant difference at the 5% level).

منطقه	میانگین آلکالوئید تام (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	محتوای نیترات (میکروگرم بر گرم)
نقده	11.67±0.2a	151.79±1.1a
زنجان	13.32±0.4b	94.64±0.4b
بوکان	18.26±0.6c	82.37±0.39c

تحلیل خاک

نتایج تحلیل خاک نشان داد که بافت خاک در منطقهٔ نقده رسی‌لومی، در منطقهٔ زنجان سیلتی‌رسی‌لومی و در منطقهٔ بوکان لومی‌شنی می‌باشد.

خاک هر سه منطقه دارای pH قلیایی ضعیفی بود. منطقهٔ بوکان بیشترین مقدار نیتروژن کل و پتاسیم را داشت (جدول ۲).

جدول ۲- برخی ویژگی‌های خاک مناطق نمونه‌برداری.

Table 2. Some characteristics of soil sample locations.

منطقه	اسیدیته	نیتروژن کل (درصد)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم/کیلوگرم)	شن(درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت
نقده	۷/۲	۰/۲۳	۶۶۲	۲۱	۴۶	۳۳	رسی-لومی
زنجان	۷/۱	۰/۱۷	۶۵۳	۱۸	۴۵	۳۷	سیلتی-روسی-لومی
بوکان	۷/۱	۰/۱۳	۶۴۷	۴۹	۲۸	۲۳	لومی-شنی

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

همبستگی بین مشخصات خاک منطقهٔ رویش و محتوای آلکالوئید تام

همبستگی بین محتوای آلکالوئید تام غدد زیرزمینی گیاه علف کبکی و محتوای نیترات غدد زیرزمینی، pH خاک، نیتروژن کل، پتاسیم خاک و بافت خاک با نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ محاسبه شد. نتایج نشان داد بین محتوای آلکالوئید تام با نیتروژن کل، پتاسیم خاک، محتوای سیلت و رس بافت خاک و از سوی دیگر با محتوای نیترات غدد زیرزمینی رابطهٔ معکوس و معنی-داری وجود دارد.

همچنین بین محتوای آلکالوئید تام و مقدار شن بافت خاک رابطهٔ مستقیم و معنی‌داری وجود دارد، اما محتوای آلکالوئید تام و اسیدیتهٔ خاک ضریب همبستگی بسیار ضعیفی نشان دادند (جدول ۳).

جدول ۳- ضریب همبستگی بین محتوای آلکالوئید تام با محتوای نیترات غدد زیرزمینی گیاه علف کبکی، اسیدیته خاک، نیتروژن کل، پتاسیم خاک و بافت خاک.

Table 3. The correlation coefficient between the total alkaloid content and tubers nitrate content of *Bongardia chrysogonum*, pH, total nitrogen, potassium and soil texture.

همبستگی	معادله خط همبستگی	ضریب همبستگی
نیترات و آلکالوئید تام	Y= -8.7971X+ 236.91	-0.667 *
اسیدیته و آلکالوئید تام	Y= -1.966X+ 31.38	0.002
نیتروژن و آلکالوئید تام	Y= -0.0136X+ 0.3733	-0.857*
پتاسیم و آلکالوئید تام	Y= -2.0431X + 683.49	-0.857*
شن و آلکالوئید تام	Y= 4.7132X- 38.694	0.889*

بحث

گیاهان دارویی به‌عنوان مخازن غنی از دگرگوهره‌های ثانویه، اساساً تحت هدایت فرایندهای ژنتیکی هستند. اما ساخت این دگرگوهره‌ها به طور بارز تحت‌تأثیر عوامل محیطی و تغییرات آن نیز قرار دارد. به‌طوری‌که عوامل محیطی باعث تغییراتی در رشد گیاه، مقدار و کیفیت این دگرگوهره‌ها می‌شود (دوازده امامی و مجنون حسینی، ۱۳۸۶). Kitamura و همکاران نشان داده‌اند که تأثیر عوامل آب‌وهوایی در تفاوت‌های مشاهده‌شده میان مقادیر آلکالوئیدها در گیاهان مناطق مختلف ناچیز است و این تفاوت‌ها اساساً به ارتفاع و عوامل خاکی بستگی دارد. مناطق مختلف ازنظر ارتفاع و میزان عناصر غذایی خاک از جمله نیتروژن، پتاسیم و فسفر تفاوت‌های معنی‌داری دارند (Kitamura *et al.*,1992).

یکی از عناصر بسیار اساسی در گیاهان، فرم‌های نیتروژن خاک و سطوحی از نیتروژن است که بر رشد، تکامل و مسیرهای متابولیکی ویژه در گیاهان مؤثر است (Fabre & Planchon, 2000). استخراج و اندازه‌گیری محتوای آلکالوییدتام گیاه علف کبکی و بررسی تأثیر عوامل محیطی بر آن‌ها برای اولین‌بار در این پژوهش صورت گرفت. نتایج تحلیل ضریب همبستگی در این تحقیق نشان داد که بین نیترات و محتوای آلکالوئید تام رابطهٔ معکوس و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). نیترات یکی از منابع تغذیهٔ نیتروژن گیاه است. اولین مرحلهٔ احیای نیترات با نیترات ردوکتاز انجام می شود. نیتریت حاصل از این فرایند با

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

نیتریت ردوکتاز به آمونیوم تبدیل می‌شود و آمونیوم برای سنتز اسیدهای‌آمینه (دگرگوهره‌های اولیه) مصرف می‌شود.

دگرگوهره‌های اولیه مستقیماً در رشد و سوخت‌وساز درگیر هستند (Taiz & Zeiger, 2002). افزایش غلظت نیترات باعث افزایش تولید زی‌توده می‌شود ولی بیوسنتز آلکالوئیدها را مهار می‌کند. آلکالوئیدها دارای نیتروژن هستند و در تغذیهٔ گیاه نیتروژن به‌طوراساسی به شکل نیترات استفاده می‌شوند. در گیاهان آنزیم نیترات‌ردوکتاز اولین آنزیم درگیر در جذب نیترات است. علت افزایش زی‌توده هم‌زمان با افزایش غلظت نیترات احتمالاً به‌این‌دلیل است که پیش‌سازهای اسیدآمینه برای متابولیسم اولیه به کار می‌روند و پیش‌سازهای مشترک در مسیرهای متابولیسمی اولیه و ثانویه، برای تولید زی‌توده و پی-گیری فرایند رشد استفاده می‌شوند و عوامل محرک تولید زی-توده ازجمله افزایش نیترات غلظت آلکالوئیدها را کاهش می-دهند (Demeyer & Dejaegere, 1989). این نتیجه با نتایج چلیپان همخوان است. چلیپان با کار دربارهٔ دو گونه بنگدانه مشاهده کرد که محیط کشت دارای نیترات سبب افزایش رشد و سرعت تمایز ریشه می‌شود که با کاهش تولید آلکالوئید همراه است اما کاهش نیترات تولید آلکالوئید را افزایش می‌دهد (چلیپان، ۱۳۷۸). نتایج بررسی تأثیر غلظت‌های متفاوت نیترات پتاسیم بر بیوسنتز آلکالوئیدهای تروپانی نشان داد که افزایش غلظت نیترات موجب کاهش بیوسنتز آلکالوئیدها می‌شود و مقدار پائین نیترات اثر تحریکی بر تولید آلکالوئیدهای تروپانی دارد (ایرانبخش، ۱۳۸۳). نتایج تحقیق حاضر با نتایج محققان مذکور هم‌سو است. افزایش غلظت نیتروژن باعث افزایش رشد ریشه و اندام‌های دیگر گیاهی می‌شود. فاکتورهای تغذیه‌ای مانند نیتروژن به‌عنوان پارامترهای مهمی استفاده می‌شوند که بر تولید آلکالوئیدها مؤثر می‌باشند. غلظت نیتروژن محیط کشت اغلب بر سنتز آلکالوئیدها مؤثر است. همهٔ آلکالوئیدها حاوی نیتروژن هستند. ممکن است این ترکیبات حاصل از اسیدهای متغیر باشد به این معنی که بعضی پیش‌سازها ازلحاظ مقدار نیتروژن نسبت به آلکالوئیدها غنی‌تر هستند. به همین دلیل بعضی آلکالوئیدها درمورد در دسترس بودن نیتروژن نسبت به دیگر آلکالوئیدها حساسیت بیشتری دارند. ازطرفی تعادل عناصر تغذیه‌ای خاک بسیار اهمیت دارند. به نظر می‌رسد غلظت‌های کم یا زیاد نیتروژن در خاک باوجود طبیعت بیوسنتیک آلکالوئیدها بر محتوای آلکالوئیدها در گیاهان تأثیر می‌گذارد. تنش مواد غذایی ممکن است دلیلی برای این موضوع باشد (Tadeusz, 2007). نتایج بررسی برخی عوامل محیطی بر میزان آلکالوئیدهای هیوسیامین و اسکوپولامین نشان داد که میزان این آلکالوئیدها تحت تأثیر غلظت نیتروژن است (دیلمقانی و همکاران، ۱۳۸۵). در تحقیق حاضر محتوای آلکالوئید تام و مقدار نیتروژن کل خاک رابطهٔ معکوس و معنی‌داری را نشان دادند. این موضوع را می‌توان به سنتز آلکالوئید از محصولات حاصل از شکست پروتئین نسبت داد، زیرا اعتقاد بر این است که آلکالوئیدها از تولیدات پروتئینی تجزیه‌شده و حدواسط‌های کربوهیدراتی تولید می‌شوند. ساختار و متابولیسم پروتئین‌ها به - طور گسترده با سنتز تولیدات گیاهی نیتروژن‌دار ثانویه مرتبط است. کربوهیدرات‌ها یا مشتقات دیگر آن‌ها یا در ساختمان مولکول آلکالوئید وارد می‌شوند یا اینکه صرفاً به‌منظور تأمین انرژی برای واکنش‌های سنتزی که منجر به تشکیل آلکالوئید می‌شوند، لازم‌اند (Cromwell, 1937).

مطالعات درباب گیاه تنباکو نشان داده است که سنتز آلکالوئید نیکوتین در گیاهان تنباکویی که درمعرض نیتروژن معدنی فراوان بوده اند مهار می‌شود. همچنین مشاهده شد که وضعیت نامساعد محیطی در زمان رشد گیاه تنباکو باعث تولید مداوم نیکوتین می‌شود (Mothes *et al.*, 1928). احتمالاً افزایش یا کاهش زیاد مقدار نیتروژن عامل نامساعد محیطی برای گیاه تلقی می‌شود و راه‌کار گیاه برای مقابله با این عامل نامساعد کاهش یا افزایش مقدار آلکالوئید است. این نتیجه هم‌سو با نتایجی است که بعضی محققین به‌دست آورده‌اند. اوکی و همکاران با تغییر ترکیب محیط کشت میزان رشد و تروپان آلکالوئیدها را در تارکشندهٔ ریشهٔ گیاه شاهبیزک بررسی کرده-اند. آن‌ها مشاهده کردند که افزودن غلظت محیط کشت باعث کاهش رشد و میزان تروپان آلکالوئیدها می‌شود. همچنین رقت محیط کشت و کاهش غلظت نیتروژن میزان رشد و تولید

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

آلکالوئید را افزایش می‌دهد (Aoki *et al.*,1997). Dupraz و همکاران نشان داده‌اند که رشد گیاه داتورا و محتوای آلکالوئیدهای آن با افزایش غلظت نیتروژن کاهش می‌یابد (Dupraz *et al.*,1993). Payne و همکاران دریافته‌اند که رقیق‌شدن محیط کشت و کاهش غلظت نیتروژن باعث افزایش رشد و محتوای آلکالوئید در گیاهان تیرهٔ سولاناسه می‌شود (Payne *et al.*, 1987). Sugimoto و همکاران نشان داده‌اند که غلظت نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن در محیط کشت اغلب بر سنتز آلکالوئیدها مؤثرند (Sugimoto *et al.*, 1988). نتایج بررسی حاضر با نتایج بعضی از محققان مغایرت دارد. با افزایش مقدار ازت، میزان آلکالوئید فیزالین در گیاه عروسک پشت پرده افزایش می‌یابد (Khoshlahjeh *et al.*, 2013).

Dejaegere و Demeyer با بررسی میزان آلکالوئیدهای گیاه داتورا، گزارش کرده‌اند که با افزایش میزان نیتروژن میزان آلکالوئیدها نیز افزایش می‌یابد (Demeyer & Dejaegere, 1992). همچنین آن‌ها گزارش کرده‌اند که تیمار نیتروژنی باعث افزایش میزان هیوسیامین در کشت ریشهٔ داتورا می‌شود (Demeyer & Dejaegere, 1989). Franz نیز با بررسی تعدادی از گیاهان دارویی به این نتیجه رسید که نیتروژن به‌عنوان یک عنصر غذایی به‌طور مستقیم بر بیوسنتز دگرگوهره‌های ثانویه مانند آلکالوئید مؤثر می‌باشد (Franz, 1983). البته اختلاف در سطوح آلکالوئید ناشی از فاکتورهای داخلی مانند سن گیاه و غیره هم هست که این فاکتورهای داخلی نسبت به فاکتورهای محیطی از اهمیت بیشتری برخوردارند (Hoft *et al.*,1998).

در تحقیق حاضر، رابطهٔ معکوس و معنی‌داری میان مقدار پتاسیم خاک و مقدار آلکالوئید تام گیاه مشاهده شد. پتاسیم بیشتر محرک بیوسنتز پروتئین است. پتاسیم یکی از عناصر غذایی اصلی برای گیاهان است که در بسیاری از فرایندهای گیاهی مانند فتوسنتز، انتقال قند، فعال‌سازی آنزیم، نگه‌داری فشار تورگر گیاهی و تنظیم روزنه نقش دارد. یکی از فاکتورهایی که ممکن است بر غلظت آلکالوئید تأثیرگذار باشد، کمبود موادغذایی خاک است. پتاسیم یکی از عناصر غذایی بسیار متحرک است. پتاسیم به‌صورت طبیعی و کودهای حاوی پتاسیم به‌آسانی از سطح خاک شسته‌شده (به‌ویژه خاک‌های ماسه ای در مناطق پرباران یا با باران معمولی) و باعث می‌شود که پتاسیم کمتری در اختیار گیاهان قرار بگیرد. در این شرایط غلظت آلکالوئیدها ممکن است نوسان کمتری داشته باشد (Waller & Nowacki, 1978). گیاهانی که در خاک‌هایی با کمبود پتاسیم رشد می‌کنند، بیشتر مستعد تنش‌های محیطی هستند و ممکن‌است گیاه با افزایش تولید آلکالوئید به این موضوع پاسخ دهد (Marschner *et al.*, 1995). باتوجه به اینکه پتاسیم باعث مقاومت گیاه درمقابل کم‌آبی، خطرات سرمازدگی، آفات و بیماری‌ها می‌شود، کمبود پتاسیم برای گیاه تنش تلقی می‌شود و این موضوع باعث تولید آلکالوئید در گیاه می‌گردد، زیرا آلکالوئیدها باعث محافظت گیاه درمقابل حملهٔ پاتوژن‌ها، بیماری‌ها و وضعیت سخت محیطی می‌شود (Cox, 1978). دیلمقانی و همکاران با مقایسهٔ میزان آلکالوئید تروپان دو گونه بذرالبنج در مراحل مختلف رشد به این نتیجه رسیده‌اند که کاهش پتاسیم خاک باعث افزایش میزان هیوسیامین و اسکوپولامین می‌شود. آن‌ها دریافته‌اند که افزایش آلکالوئید تولید شده در گیاه به هنگام کمبود پتاسیم نشان می‌دهد که کمبود یون پتاسیم عرضهٔ پیش‌ساز آلکالوئید را با افزایش فعالیت آرژنین‌دکربوکسیلاز که مسئول تولید پوترسین هستند، افزایش می‌دهد. یون پتاسیم به‌طورمستقیم فعالیت تعداد زیادی از آنزیم‌ها، ازجمله آنزیم‌های مربوط به بیوسنتز آلکالوئیدها را با تأثیر بر کنفورماسیون پروتئین تنظیم می‌کند (دیلمقانی، ۱۳۸۶). چون آنزیم لیزین‌دکربوکسیلاز آنزیم کلیدی در بیوسنتز آلکالوئیدهای کوئینولیزیدین است، احتمالاً کمبود یون پتاسیم عرضهٔ پیش‌ساز آلکالوئیدهای کوئینولیزیدین را با افزایش فعالیت آنزیم لیزین دکربوکسیلاز که مسئول بیوسنتز آلکالوئیدهای کوئینولیزیدین است افزایش می‌دهد.

کمبود پتاسیم سنتز آلکالوئیدها را در گیاه شاهبیزک افزایش می‌دهد، درحالی‌که کاهش آن به افزایش درصد آلکالوئیدها منجر می‌شود (Bashir Khan & Harbone, 1991). از-

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

طرفی، کمبود پتاسیم باعث انباشتگی نشاسته، کم‌شدن محتوای آب سلول و ممانعت از فعالیت‌های هیدرولیتیک می‌شود، که درنتیجهٔ آن غلظت کربوهیدرات‌های سلول کاهش می‌یابد. همان‌طور که قبلاً گفته شد حدواسط‌های کربوهیدراتی نقش اساسی در بیوسنتز آلکالوئیدها دارند. کربوهیدرات‌ها یا در ساختمان مولکول آلکالوئید داخل می‌شوند یا این که برای تأمین انرژی در واکنش‌های سنتزی که منجر به تشکیل آلکالوئیدها می‌شوند، لازم می‌باشند. درنتیجه، کمبود پتاسیم با کاهش غلظت کربوهیدرات‌ها باعث کاهش غلظت آلکالوئیدهای گیاه می‌شود (Cromwell, 1937). نتیجهٔ این تحقیق با نتایج مطالعات دیگر سازگاری دارد. Gremigni دریافت که غلظت آلکالوئیدهای دانهٔ باقلای مصری (آبی) تحت کمبود پتاسیم افزایش می‌یابد (Gremigni *et al.*, 2001) و همچنین Scibor و Marchocka مشاهده کرده‌اند که کمبود پتاسیم موجب افزایش غلظت آلکالوئیدها در دانهٔ باقلای مصری (سفید) می‌شود (Scibor-Marchocka, 1970).

Gremigni و همکاران دریافته‌اند که کمبود پتاسیم القاکنندهٔ افزایش غلظت آلکالوئیدها در گیاه باقلای مصری است (Gremigni *et al.*,1997; Gremigni *et al.*,1998). نتایج کار Waller و Nowacki نیز با نتایج او همسو است. Waller و Nowacki دریافته‌اند که باقلاهای مصری که محتوای پتاسیم کمتری نسبت به گیاهانی که به مقدار کافی پتاسیم داشته اند، محتوای آلکالوئیدی بالاتری دارند (Waller & Nowacki, 1978).

اندازهٔ ذرات خاک از بسیار درشت تا بسیار ریز متغیر است. بافت خاک نه‌تنها بر قدرت نفوذ ریشه‌ها، هوادهی و شست‌وشوی خاک، بلکه بر مقدار عناصر غذایی و درجهٔ حرارت خاک نیز تأثیر می‌گذارد (باقریه، ۱۳۸۷)، اسیدیتهٔ خاک و تنش خشکی موقتی نیتریفیکاسیون را بلوکه می‌کند (Arechavaleta *et al.*, 1992). تنش خشکی باعث افزایش میزان آلکالوئید نیز می‌شود (Hoft *et al.*, 1998). از آنجائی‌که نیتریفیکاسیون بخش مهمی از چرخهٔ نیتروژن در طبیعت است که طی آن عمل اکسیداسیون‌آمونیاک به‌واسطهٔ باکتری‌ها انجام می‌شود، در مرحلهٔ اول نیتریفیکاسیون، میکروارگانیسم‌های شیمولیتوتروف آمونیاک را اکسید و به نیتریت تبدیل می‌کند و در مرحلهٔ دوم نیتریت ازطریق باکتری‌های اکسیدکنندهٔ نیتریت به نیترات تبدیل می‌شود (بینا و همکاران، ۱۳۸۴). پس با بلوکه‌شدن نیتریفیکاسیون غلظت نیترات در گیاه کاهش یافته و همان‌طور که در بحث نیترات بیان شد، کاهش غلظت نیترات باعث افزایش تولید آلکالوئید در گیاهان می‌شود. پس تنش خشکی موقتی باعث کاهش غلظت نیترات گیاه و افزایش تولید آلکالوئید در گیاه می‌شود. Demyer و همکاران گزارش کرده‌اند که افزایش غلظت نیترات در کشت ریشه‌ای دگرریخت داتوره باعث افزایش زی‌توده می‌شود، ولی بیوسنتز آلکالوئیدهای تروپانی را مهار می‌کند (Demeyer & Dejaegere, 1992). احتمالاً علت افزایش زی‌توده به این دلیل است که زی‌توده در پیش‌سازهای اسیدآمینه برای متابولیسم اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرد و پیش‌سازهای مشترک مسیرهای متابولیسمی اولیه وثانویه، برای تولید زی‌توده و پی‌گیری فرایند رشد استفاده می‌شوند وعوامل محرک تولید زی‌توده ازجمله افزایش نیترات غلظت آلکالوئید را کاهش می‌دهد. Flores و Galston دریافته‌اند که تنش اسموتیک در سلول‌های گیاهی می‌تواند سنتز پوترسین را، که پیش‌ساز آلکالوئیدهای تروپان است، فعال کند و باعث افزایش میزان آلکالوئید گیاه شود. Szabo و همکاران ثابت کرده‌اند که شقایق تحت تأثیر تنش خشکی سطوح بالاتری از آلکالوئید تولید می‌کند (Flores & Galston, 1982; Arechavaleta *et al.*,1992; Szabo *et al.*, 2005). نتایج تحقیق حاضر حاکی از رابطهٔ مستقیم میان درصد شن خاک و مقدار آلکالوئید تام و رابطهٔ منفی میان درصد سیلت و رس خاک با مقدار آلکالوئید تام بوده است. چنان‌که در بخش نتایج ذکر شد، بیشترین مقدار آلکالوئید مربوط به خاک منطقه‌ای بود که بیشترین درصد شن را داشت و همبستگی میان درصد شن خاک و مقدار آلکالوئید تام ۰/۸۸ بود. باتوجه به اینکه در خاک‌های شنی تخلخل خاک زیاد و ظرفیت نگه‌داری آب کم است، خاک‌های شنی بیشتر مستعد تنش خشکی هستند. احتمالاً یکی از دلایلی که باعث بیشترشدن تولید آلکالوئید در منطقهٔ بوکان شده است، وجود درصد بیشتر

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

شن و احتمال بیشتر ایجاد تنش خشکی است که درنتیجهٔ آن غلظت نیترات گیاه کاهش می‌یابد و طبق نتایج تولید آلکالوئید در گیاهان این منطقه افزایش می‌یابد. Abdul-Jaleel و همکاران با تحقیق دربارهٔ پروانش بیان کرده‌اند که تنش خشکی القا کنندهٔ تنش اسموتیک، متابولیسم پروتئین، فعالیت‌های آنزیم‌های پاداکساینده و انباشته‌کنندهٔ آلکالوئید ایندول است. یافته‌های آن‌ها نشان داد که تحت تنش خشکی محتوای اسیدهای آمینه در این گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. احتمالاً انباشتگی اسیدآمینه ناشی از هیدرولیز پروتئین می‌باشد که این مسئله نیز ممکن است در پاسخ به تغییر در تنظیم اسموتیک محتوای سلول ایجاد شود. تنظیم اسموتیک سازوکاری مهم است که بعضی آثار تنش آبی را کم می‌کند (Abdul-Jaleel *et al.*, 2007). از این جهت بررسی اسیدهای‌آمینهٔ آزاد انباشته‌شده برای مشاهدهٔ اثر آن‌ها در تغییرات مقادیر آلکالوئیدها اهمیت بسزایی دارد (Demeyer & Dejaegere, 1988). پتاسیم عنصر غذایی بسیار متحرکی است و به‌آسانی در خاک‌های ماسه ای ازطریق باران شسته‌شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Gremigni *et al.*, 2001). بیشترین مقدار آلکالوئید در منطقهٔ بوکان دیده شد که خاک آن بیشترین درصد شن را نسبت به مناطق دیگر دارد. احتمالاً یکی از دلایل بیشتربودن مقدار آلکالوئید در این منطقه شست‌وشوی بیشتر پتاسیم از خاک آن باشد. اثر غلظت پتاسیم خاک بر مقدار آلکالوئیدها در بحث پتاسیم بررسی شد. ازآنجائی‌که خاک هر سه منطقه pH قلیایی ضعیفی داشت، نتیجه گرفته شد اسیدیتهٔ خاک تأثیری بر مقدار آلکالوئیدهای گیاه تحت مطالعه ندارد. اما عملکرد آلکالوئیدها اساساً در ارتباط با ژن‌ها، آنزیم‌ها و پروتئین‌های درون ارگانیسم می‌باشد. آلکالوئیدها یک عملکرد و پس زمینهٔ ژنتیکی-فیزیولوژیکی قوی در ارگانیسم‌های تولید کنندهٔ آن‌ها دارند. بر این اساس محتوای آلکالوئیدها در درون گونه‌ها و بین گونه‌ها متنوع است (Waller & Nowacki, 1978). Ayres و همکاران و نیز Barclay و Perdue دریافته‌اند که دگرگوهره‌های ثانویه درمیان گونه‌های نزدیک، در یک گونه یا درمیان اعضای یک جمعیت ازلحاظ کمی و کیفی بسیار متفاوت هستند (Barclay & Perdue, 1976; Ayres & Loike, 1990).

Zunnunzhanov و همکاران با جست‌وجو در آلکالوئیدهای اندام هوایی گیاه لئونتیس داروسیا نشان دادند که ترکیبات آلکالوئیدی ازلحاظ کمی و کیفی براساس محل رویش گیاه تغییر می‌کند (Zunnunzhanov *et al.*, 1974). بررسی‌های انجام‌شده به‌کوشش محققزاده و همکاران دربارهٔ ترکیبات میوهٔ زنیان نشان داد که اختلافات شیمیایی ترکیبات موجود در این گیاه در مناطق مختلف تحت تأثیر کمودیوم‌ها قرار دارد (Mohagheghzadeh *et al.*, 2007). Van و Verdoon با مطالعه بر روی آلکالوئیدهای گیاه ترب‌شیر اختلافاتی را درمیان آلکالوئیدهای برگ، غده‌های زیرزمینی و دانه‌های مناطق مختلف مشاهده کرده‌اند. آن‌ها دریافته‌اند که علت این اختلاف-ها ممکن است به‌دلیل وجود چندین ترکیب کمودیوم در این گیاه باشد. آن‌ها با مطالعات بعدی بر روی جنس Pearsonia از تیرهٔ پروانه‌آسا متوجه شده‌اند که ترکیبات آلکالوئیدی حتی در-میان جمعیت های متعلق به یک گونه از مناطق مختلف نیز اختلاف دارند (Van & Verdoon, 1991). کمودیوم‌ها مولکول‌هایی هستند که هر گیاه آن‌ها را با ژن‌ها و آنزیم‌ها تعیین می‌کند. مشخصات شیمیایی کمودیوم‌ها وراثتی است. این ترکیبات تحت تأثیر خاک، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، دما، تابش نور خورشید و طول موج‌های تابشی قرار دارند. گیاهان متعلق به یک گونه ممکن است ازلحاظ مورفولوژیکی و تاکسونومیکی باهم اختلاف نداشته باشند، اما اختلافات شیمیایی ایجادشده به‌وسیلهٔ پروفایل‌های شیمیایی باعث تفاوت ژنتیکی این گیاهان می‌شود. بنابراین ترکیبات شیمیایی تولیدشده در گیاه ازلحاظ کمی و کیفی می‌توانند با هم متفاوت باشند که این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از وضعیت محیطی گیاه باشد (Lavrieux *et al.*, 2011). اختلافات ایجاد شده درمیان اعضای یک گونه برای استفادهٔ دارویی و غذایی مهم است (Mohagheghzadeh *et al.*, 2007).

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به همبستگی‌های مشاهده شده و نیز تفاوت معنی‌دار محتوای آلکالوئید تام گیاه علف کبکی از مناطق مختلف بایکدیگر می‌توان نتیجه گرفت که محتوای آلکالوئید تام علاوه بر وراثت تحت تأثیر عوامل محیطی و تغییرات آن‌ها نیز قرار دارد. در مطالعات بعدی می‌توان نقش تغییرات غلظت عناصر مختلف، عوامل آب‌وهوایی و غیره را بر محتوای آلکالوییدی گیاه علف کبکی در شرایط کنترل شدهٔ آزمایشگاهی به صورت دقیق‌تر بررسی کرد.

تشکر و قدردانی

از همکاری آقایان مهندس مهدی گلابی‌منش و دکتر احمد پورستار صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع/References

ایرانبخش، ع.۱۳۸۳. بهینه سازی رشد و تولید آلکالوئیدهای تروپانی در کشت سوسپانسیون سلولی گیاه تاتوره *Datura stramonium* – مجلهٔ پژوهش و سازندگی ۶۲: ۳۳- ۲۵.

باقریه نجار، م. ب. ۱۳۸۷. مقدمه ای بر اکولوژی. – انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. فصل ششم: ۱۸۵- ۱۸۲.

بینا، ب.، موحدیان، ح. و **پورزمانی، ح.** ۱۳۸۴. رسالهٔ دکتری. بررسی تأثیر نسبت COD/N ورودی بر سرعت نیتریفیکاسیون در تصفیه فاضلاب با استفاده از یک رآکتور پایلوت در مقیاس آزمایشگاهی. – دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

تایز، ل. و **زایگر، ا.** ۲۰۰۲. فیزیولوژی گیاهی. گروه مترجمین انجمن زیست شناسی ایران. – انتشارات خانهٔ زیست شناسی. ۳۴۳- ۳۲۹.

چلیپان، ف. ۱۳۷۸. رسالهٔ دکتری. بررسی جایگاه، زمان بیوسنتز و خواص ضدمیکروبی آلکالوئیدهای تروپان در گیاهان طبیعی و نمونه های حاصل از کشت در شیشه دو گونه از سرده بنگدانه (*Hyoscyamus*) و برخی عوامل مؤثر در افزایش میزان آلکالوئیدها. – دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

خوش گفتارمنش، ا.ح. ۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت تغذیه ای گیاه و مدیریت بهینه کودی. – انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۹۷۸- ۹۶۴.

دوازده امامی، س. و **مجنون حسینی، ن.** ۱۳۸۶. زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه ای. – انتشارات دانشگاه تهران.

دیلمقانی، ک.، خاوری نژاد، ر.ع.، فهیمی، ح. و **حکمت شعار، ح.** ۱۳۸۵. استخراج و اندازه گیری آلکالوئیدهای تروپانی هیوسیامین و اسکوپولامین از اندام های مختلف *Hyoscyamus pustillus* L. در مراحل مختلف رشد. – فصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۲: ۲۰- ۱.

دیلمقانی،ک.، فهیمی، ح.، خاوری نژاد، ر.ع. و **حکمت شعار، ح.** ۱۳۸۶. مقایسه میزان آلکالوئید تروپان گونه های *Hyoscyamus reticulates* L. و *Hyoscyamus arachnoideus* Pojark درمراحل مختلف رشد. – مجلهٔ علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی ۶۶: ۶۱- ۵۲.

معروفی، ح. ۱۳۸۶. فلورایران. – انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور. ۱۳- ۷.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]

[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sankar, B., Gopi, R., Somasundram, R. and Panneerselva, R. 2007. Alternation in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in Catharanthus roseus exposed to water deficit. – Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 59: 150-157.

Aniszewski, **T.** 2007. Alkaloids-secret of life alkaloid chemistry, biological, significance, applications and ecological roles. 1nd Ed. – Elsevier, 140-190.

Aoki, **T.**, **Matsumoto**, **H.**, **Asako**, **Y.**, **Matsunaga**, **Y.** and **Shimomura**, **K.** 1997. Variation of alkaloid productivity among several clones of hairy roots and regenerated plants of *Atropa belladonna* transformed with *Agrobacterium rhizogenes*. – Plant Cell Reports 16: 282-286.

Arechavaleta, **M.**, **Bacon**, **C.W.**, **Plattner**, **R.D.**, **Hovel**and, **C.S.** and **Radcliffe**, **D.E.** 1992. Accumulation of ergopeptiode alkaloids in symbiotic tall fescue grown under deficits of soil-water and nitrogen-fertilizer. – Applied and Environmental Microbiology 58: 857-861.

Ayres, **D.C.** and **Loike**, **J.D.** 1990. Lignans: chemical, biological and clinical properties. – Chemistry and Pharmacology of Natural Products 49: 1009-1017.

Barclay, **A.S.** and **Perdue**, **R.E.** 1976. Distribution of anti cancer activity in higher plants. – Cancer Treatment Reports 60: 1018-1113

Bashir Khan, **M.** and **Harborne**, **J.B.** 1991. Potassium deficiency increases tropan alkaloid synthesis in *Atropa acuminata* via argenine and ornithine decarboxylase levels. – Phytochemistry 30: 3559-3561.

Cataldo, **D.A.**, **Haroon**, **M.**, **Schrader**, **L.E.** and **Youngs**, **V.L.** 1975. Rapid colorimetric determination nitrate in plant tissues by nitration of salicylic acid, common in soil. – Science and Plant Analysis 6: 71-80.

Cox, **W.J.** 1978. Potassium deficiency in lupins, identification, rates, times and method of application. – Journal of Agriculture Western Australia 19: 27-31.

Cromwell, **B.T.** 1937. Experiments on the synthesis of hyoscyamine in *Atropa belladonna*. – Biochemistry 31: 551-559.

Demeyer, **K.** and **Dejaegere**, **R.** 1988. Influence of the mineral nutrition on yield and alkaloid content in *Darura stramonium*. – Medelingen van de Faculteit 53: 1723-1725.

Demeyer, **K.** and **Dejaegere**, **R.** 1989. Influence of the ion balance in the growth medium in the yield and alkaloid content of *Datura stramonium*. – Plant and Soil 114: 289-294.

Demeyer, **K.** and **Dejaegere**, **R.** 1992. Effect of the nitrogen form used in the growth medium (NO^{-3}, $NH^{+}4$) on alkaloid production in *Datura stramonium* L. – Plant and Soil 147: 79-86.

Dupraz, **J.M.**, **Christen P.** and **Kapetanidis**, **I.** 1993. Tropane alkaloids in transformed roots of *Datura quercifolia*. – Planta Media 60: 158-162.

Fabre F. and **Planchon**, **C.** 2000. Nitrogen nutrition, yield and protein content in soybean. – Plant Science 152: 51-58.

Flores, **H.E.** and **Galston**, **A.W.** 1982. Polyamines and plant stress: activation of putrescine biosynthesis by osmotic shock. – Science 217: 1259-1261.

Franz, **C.** 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. – Acta Horticulture 132: 215-203.

Gremigni, **P.**, **Gazey**, **C.**, **Hamblin**, **J.** and **Harris**, **D.** 1998. Soil nutritional status affects alkaloid levels in Australian sweet lupin. – Proceedings of the 3rd European Conference on Grain Legumes. Paris, 179-181.

Gremigni, **P.**, **Hamblin**, **J.** and **Harris**, **D.** 1997. Alkaloid level in lupin seed is affected by nutritional stresses. – Proceedings of the International Food Legume Research Conference III. Adelaide, 143-148.

Gremigni, **P.**, **Wong**, **M.T.F.**, **Edwards**, **N.K.**, **Harris**, **D.** and **Hamblin**, **J.** 2001. Potassium nutrition effects on seed alkaloid concentrations, yield and mineral content of lupins. (*Lupinus angustifolius*). – Plant Soil 234: 131-142.

Hoft, **M.**, **Verpoorte**, **R.** and **Beck**, **E.** 1998. Leaf alkaloid contents of *Tabernaemontana pachysiphon* as influenced by endogenous and environmental factors in the natural habitat. – Planta Medica 64: 148-152.

Khoshlahjeh, **A.**, **Eradatm** and **Asli**, **D.**, **Lotfi**, **Z.**, **Fakharian Kashani**, **Z.** and **Shirmard**, **M.** 2013. Effects of pyridoxine and different levels of nitrogen on qualitative and quantitative yield of Physalis alkekengi. – International Journal of Biosciences 3: 204-211.

Kitamura, **Y.**, **Sato**, **M.** and **Miura**, **H.** 1992. Differences of total alkaloid, atropine and scopolamine contents in leaves of *Atropa belladonna* in relation to some environmental and phonological factors. – Phytochemistry 31: 1191-1194.

Krenn, **L.**, **Glantschig**, **S.** and **Sorgner**, **U.** 1998. Determination of five major opium alkaloids by Reversed-phase high-Performance liquid chromatography on a base-deactivated stationary phase. – Chromatographia 47: 21-24**.**

Lavrieux, **M.**, **Jacob**, **J.**, **Lemilbeau**, **C.**, **Zocatelli**, **R.**, **Masuda**, **K.**, **Breheret**, **J.** and **Disnar**, **J.** 2011. Occurrence of triterpenyl actates in soil and their potential as chemotaxonomical markers of Asteraceae. – Organic Geochemistry 42: 1315-1323**.**

Marschner, **H.** 1995. Functions of Mineral Nutrients: macronutrients. In Mineral Nutrition of Higher Plants. – Academic Press. 299-312.

Mohagheghzadeh, **A.**, **Faridi**, **P.** and **Ghasemi**, **Y.** 2007. *Carum copticum* Benth. & Hook., essential oil chemotypes. – Food Chemistry 100: 1217-1219.

Payne, **J.**, **Hamill**, **J.D.**, **Robins**, **R.J.** and **Rhodes**, **J.C.** 1987. Production of hyoscyamine by hairy root cultures' of *Datura stramonium*. – Planta Medica 53: 474-478.

Rahman, **A.U.**, **Shahwar**, **D.**, **Choudhary**, **M.I.**, **Sener**, **B.**, **Toker**, **G.** and **Baser**, **K.H.** 1999. Alkaloids of *Bongardia chrysogonum*. – Phytochemistry 50: 333-336.

Scibor-Marchocka, **A.** 1970. Comparative studies on the homologous types of bitter and fodder white lupine. – Acta Agrobot 23: 23-38.

Shamsa, **F.**, **Monsef**, **H.**, **Ghamoshi**, **R.** and **Verdian-rizi**, **M.** 2008. Spectrophotometer determinati- on total alkaloid in some Iranian medicinal plants. – Pharmaceutical Science 32: 17-20.

Sugimoto, **Y.**, **Sugimura**, **Y.** and **Yamada**, **Y.** 1988. Effects of culture conditions on bisben-zylisoquinoline alkaloid production in cultured roots of *Stephania cepharantha*. – Agricultural and Biological Chemistry 52: 1495-1498.

Szabo, **B.**, **Tyihok**, **E.**, **Szabo**, **G.Y.** and **Botz**, **L.** 2005. Mycotoxine and drought stress induce change of alkaloid content of *Papaver somniferum* plantlets. – Acta Botanica Hungarica 45: 409-417.

Tadeusz. A. 2007. Alkaloids, secrets of life. – Elsevier Publications, Chapter 1-4.

Van, **W.** and **Verdoorn**, **G.H.** 1991. Alkaloid variation in the genus *Pearsonia*. – Biochemical Systematics and Ecology 19: 685-695.

Waller, **G.R.** and **Nowacki**, **E.K.** 1978. Alkaloid biology and metabolism in plants. – Plenum Press, New York. 22: 294-297.

Zunnunzhanov, **A.**, **Iskandarov S.** and **Yunusov**, **S.** 1974. Alkaloids of Leontice darvasica. – Translated from Khimiya Prirodynykh Soedinenii, 373-377.

Roshandel, H. and Jamei, R. 2015. The effect of some soil parameters on the total alkaloid levels of tubers of *Bongardia chrysogonum* in three regions of Iran. – Nova Biologica Reperta 2: 36-47.

روشندل، ح. و جامعی، ر. ۱۳۹۴. اثر برخی مشخصات خاک بر محتوای آلکالوئید تام غدد زیرزمینی گیاه علف کبکی. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۲: ۴۷-۳۶.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36]

[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.2.1.36] [DOR: 20.1001.1.24236330.1394.2.1.5.2] [Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2026-05-26]