19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

تاثیر کشت مستمر سیب‌زمینی بر شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های زراعی و غیرزراعی آهکی استان اردبیل

نسیم شهبازی[1*]، عباس صمدی[2]، اسماعیل گلی کلانپا[3]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه، ایران * 74nasimshahbazi@gmail.com
۲- استاد گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه، ایران
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

چکیده

جهت بررسی تأثیر کشت مستمر سیب‌زمینی بر توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های آهکی، ۴۰ نمونه خاک سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) از ۲۰ نقطه شامل اراضی زراعی و خاک‌های غیرزراعی مجاور در استان اردبیل برداشت شد. نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، بافت خاک و مقادیر پتاسیم محلول(So-K)، تبادلی(Ex-K)، قابل استفاده (Av-K)و غیرقابل تبادل (NEx-K) تعیین شدند. خاک‌های مورد مطالعه قلیایی و آهکی بودند و درصد رس در اراضی زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی به‌طور میانگین ۲۰٪ کاهش نشان داد ($P\leq0.01$). نتایج نشان داد کشت مستمر موجب کاهش معنی‌دار($P\leq0.01$)، پتاسیم محلول (Kso,۳۳٪)، پتاسیم تبادلی (Kex,۲۳٪) و پتاسیم قابل استفاده (Kav,۲۲٪) در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی شد. همبستگی پیرسون نشان داد درصد رس با Ex-K (r=۰/۳۶۲**)، Av-K (r=۰/۳۶۷**) و NEx-K (r=۰/۳۷۶**) رابطه منفی معنی‌دار دارد و همچنین So-K با Ex-K (r=۰/۷۹۹***) و Av-K (r=۰/۹۹۹***) همبستگی مثبت بسیار بالا داشتند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد کشت مستمر موجب تخلیه پتاسیم قابل جذب در خاک‌های تحت زراعت سیب‌زمینی شده است. این امر بر ضرورت توجه به مدیریت کوددهی و تناوب زراعی را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: خاک‌های آهکی، زراعت مستمر، سیب‌زمینی، شکل‌های پتاسیم، تغذیه گیاه

مقدمه

کاهش تدریجی شکل‌های مختلف پتاسیم در اثر کشت مستمر گیاهان با نیاز بالای پتاسیم، یکی از چالش‌های مهم در حفظ حاصلخیزی و پایداری تولید کشاورزی در خاک‌های آهکی است. پتاسیم پس از نیتروژن و فسفر، سومین عنصر پرمصرف در تغذیه گیاهان است و نقشی اساسی در بهبود کیفیت محصول، رشد و مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی ایفا می‌کند (Hamid and Kadhim, 2022). این عنصر در خاک به چهار شکل اصلی شامل پتاسیم محلول در آب، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی وجود دارد که تنها دو شکل اول به‌طور مستقیم برای گیاه قابل جذب هستند. شکل‌های غیرتبادلی و ساختمانی به‌عنوان ذخایر بلندمدت عمل می‌کنند و در شرایط خاص می‌توانند به تأمین پتاسیم گیاه کمک کنند. با این حال، تعادل این اشکال تحت تأثیر بافت و کانی شناسی خاک، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و به ویژه مدیریت زراعی مانند الگوی کشت و کوددهی قرار دارد (Gosh et al., 2025).

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) به‌عنوان چهارمین محصول غذایی مهم جهان پس از برنج، گندم و ذرت شناخته می‌شود و در بسیاری از کشورها، به‌ویژه مناطق محدود از نظر زمین‌های قابل‌کشت، کشت مستمر آن اجتناب‌ناپذیر است (Shaomeng et al., 2018). براساس آمارنامه کشاورزی کشور، سطح زیرکشت سیبزمینی در استان اردبیل حدود ۲۰/۶۱۲ هکتار و میانگین عملکرد آن ۳۵ تن در هکتار گزارش شده است، بطوری که این استان حدود ۱۵ درصد از تولید ملی سیبزمینی را به خود اختصاص داده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۳). در بسیاری از خاک‌های آهکی مناطق نیمه‌خشک ایران، از جمله استان اردبیل، کانی‌های میکایی و پتاسیم‌دار به‌عنوان منابع بالقوه این عنصر وجود دارند که تصور می‌شود ذخایر معدنی آن‌ها بتوانند نیاز گیاه را تامین کنند (Nabiollahy et al., 2006). با این حال، وجود این کانی‌های لزوماً تضمین‌کننده تأمین نیاز پتاسیم گیاه در بلندمدت نیست، چراکه مطالعات نشان داده‌اند کشت مستمر گیاهان با نیاز بالای پتاسیم مانند سیب زمینی می‌تواند موجب کاهش تدریجی پتاسیم قابل جذب شده و حاصلخیزی بلندمدت خاک را تهدید کند (Dovlati et al., 2010).

بررسی‌ها در مناطق شمال‌غرب ایران نشان داده که کشت مداوم موجب کاهش معنادار پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی در خاک‌های زراعی نسبت به خاک‌های غیرزراعی مجاور شده است (Azadi and Shakeri, 2020). این مسئله لزوم مطالعه جامع و ارزیابی مستمر شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک را برای مدیریت موثر حاصلخیزی خاک و پایداری تولید محصول، به ویژه در سیستم های زراعی با مصرف بالای پتاسیم مانند سیب‌زمینی، برجسته می‌کند (Barlog et al., 2025). با توجه به اهمیت سیب‌زمینی به‌عنوان محصولی استراتژیک و نقش حیاتی پتاسیم در حاصلخیزی خاک، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کشت مستمر سیب‌زمینی بر توزیع و تغییرات اشکال مختلف پتاسیم در خاک‌های آهکی زراعی و غیرزراعی استان اردبیل انجام شد. نتایج این مطالعه می‌تواند راهنمایی برای بهبود مدیریت تغذیه پتاسیم و افزایش پایداری تولید در این منطقه و مناطق مشابه باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان اردبیل، یکی از مناطق عمده تولید سیب‌زمینی در ایران، انجام شد. نمونه‌برداری خاک از دو نوع کاربری شامل اراضی زراعی تحت کشت سیب‌زمینی و خاک‌های غیرزراعی مجاور انجام گرفت. در مجموع، ۴۰ نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر به‌صورت جفتی جمع‌آوری شد (هر نقطه زراعی در فاصله کمتر از ۱۰۰ متر از خاک غیرزراعی متناظر). نمونه‌ها پس از خشک‌کردن در هوای آزاد و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برای انجام آزمون‌های آزمایشگاهی آماده شدند.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت به روش هیدرومتری، pH و هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع خاک تعیین شدند (Page et al., 1982).

شکل‌های مختلف پتاسیم خاک شامل پتاسیم محلول (K-sol) در عصاره گل اشباع، پتاسیم قابل استفاده (K-available) به روش استات آمونیوم، پتاسیم تبادلی (K-exchangeable) از طریق تفریق مقدار پتاسیم محلول از پتاسیم قابل استفاده، پتاسیم غیرقابل تبادل (K-nonexchangeable) به روش اسید نیتریک جوشان استخراج و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند (Thomas, 1982).

تمام آزمایش‌ها در دو تکرار انجام و میانگین نتایج به عنوان مقدار نهایی ثبت گردید. برای تجزیه و تحلیل آماری تفاوت میان خاک‌های زراعی و غیرزراعی، از آزمون جفتیt با نرم‌افزار CoStat و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داده شده در جدول (۱) بیانگر کاهش معنادار شاخص‌های کلیدی پتاسیم در خاک‌های زراعی نسبت به غیرزراعی است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، پتاسیم محلول (So-K)، پتاسیم تبادلی (Ex-K) و پتاسیم قابل استفاده (Av-K) به ترتیب با کاهش‌های ۳۳٪، ۲۳٪ و ۲۲٪ مواجه شده‌اند که نوعی تخلیه ذخایر قابل جذب پتاسیم خاک در اثر کشت مستمر سیب‌زمینی را نشان می‌دهد. همچنین کاهش حدود ۲۰٪ در درصد رس (Clay)، می‌تواند به عنوان نشانه‌ای از فرسایش و تخریب ساختار خاک قلمداد شود که مستقیم یا غیرمستقیم روی ظرفیت خاک در ذخیره پتاسیم تأثیرگذار است. این یافته‌ها با نتایج پژوهش Dovlati و همکاران (۲۰۱۰) که کاهش چشمگیر پتاسیم تبادلی (Ex-K) تا حدود ۴۶-۴۸٪ تحت کشت طولانی‌مدت آفتابگردان در خاک‌های آهکی را گزارش کرده‌اند همسو است. علاوه بر این، کاهش مقادیر پتاسیم غیرقابل تبادل (NEx-K) هرچند در مطالعه حاضر از نظر آماری معنادار نبوده، اما با داده‌های مطالعه مذکور سازگار بوده و بیانگر آزادسازی تدریجی این ذخایر بلندمدت پس از تخلیه منابع سهل‌الوصول است.

جدول۱- مقادیر میانگین ± انحراف معیار برخی ویژگی‌های خاک در خاک‌های زراعی و غیرزراعی

متغییرها	میانگین±انحراف معیار		آزمون جفتیt	درصد تغییرات
	زراعی	غیرزراعی		
Clay(%)	۲۷/۴±۹/۲۳	۲۲/۹±۱۰/۲	۲/۹۸**	-۱۹/۶
pH	۷/۹۸±۰/۲۵	۸/۰۵±۰/۲۵	-۱/۵۳ns	۰/۸۷
EC (ds m^{-1})	۱/۹۹±۲/۲۴	۲/۳۹±۲/۲۴	-۱/۳۸ns	۱۶/۷
So-K (mg kg^{-1})	۲۳/۷±۲۹/۳	۳۵/۵±۳۳/۴	-۲/۵۷*	۳۳/۲
Ex-K (mg kg^{-1})	۳۲۹/۹±۲۶۰/۵	۴۲۶/۱±۲۲۴/۰۴	-۲/۹**	۲۲/۶
Av-K (mg kg^{-1})	۳۳۶/۵±۲۶۴/۳	۴۳۳/۴±۲۲۵/۹	-۲/۹۱**	۲۲/۳
NEx-K (mg kg^{-1})	۱۹۲۹/۸±۵۷۰/۸	۱۹۸۱/۵±۵۴۹/۱	-۰/۷۸ns	۲/۶

Clay: رس، pH: اسیدیته، EC: هدایت الکتریکی، So-K: پتاسیم محلول، Ex-K: پتاسیم تبادلی، Av-K: پتاسیم قابل استفاده،NEx-K : پتاسیم غیرقابل استفاده، nsغیرمعنی‌دار، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح ۱ درصد

براساس نتایج جدول (۲)، وجود رابطه منفی معنادار بین درصد رس و شکل‌های مختلف پتاسیم به ویژه (Ex-K)، (Av-K)، (NEx-K) تایید می‌کند که بافت سنگین‌تر باعث تثبیت بیشتر پتاسیم و کاهش قابلیت دسترسی آن توسط گیاه می‌شود (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین همبستگی مثبت بسیار بالا بین پتاسیم محلول (So-K) با پتاسیم تبادلی(Ex-K) (r=0.799***) و بین پتاسیم قابل استفاده (Av-K) و پتاسیم تبادلی (r=0.999***) نمایانگر پویایی تبادل بالای این شکل‌ها پتاسیم در محیط خاک است که مطابق یافته‌های معاصر در کانی‌شناسی خاک‌های آهکی شمال غرب ایران می‌باشد Dovlati و همکاران (۲۰۱۰) که نشان دهنده کاهش معنادار پتاسیم تبادلی و پویایی تغییرات کانی‌های پتاسیم دار مانند ایلایت است.

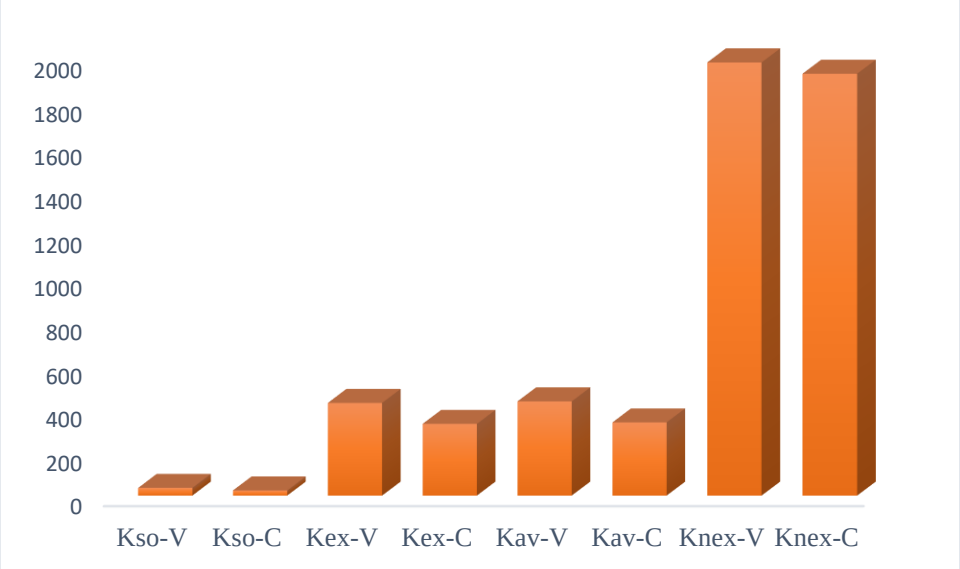
جدول ۲- ضریب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و شکل‌های پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه

پارامترها	Clay	pH	EC	So-K	Ex-K	Av-K
pH	-۰/۰۴۸					
EC	-۰/۱۳۷	-۰/۱۳۴				
So-K	-۰/۱۹۳	۰/۰۲۸	۰/۴۶۹**			
Ex-K	-/۳۶۲**	۰/۰۸۸	۰/۱۷۴	۰/۷۹۹***		
Av-K	-/۳۶۷**	۰/۰۸۹	۰/۱۸۶	۰/۸۰۶***	۰/۹۹۹***	
NEx-K	-/۳۷۶**	-۰/۰۲۷	۰/۰۴۶	۰/۴۸۹***	۰/۷۷۴***	۰/۷۶۹***

Clay: رس، pH: اسیدیته، EC: هدایت الکتریکی، So-K: پتاسیم محلول، Ex-K: پتاسیم تبادلی، Av-K: پتاسیم قابل استفاده،NEx-K : پتاسیم غیرقابل استفاده، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح ۱ درصد، *** معنی داری در سطح ۰,۱ درصد

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان دهنده کاهش معنادار تمامی شکل‌های (So-K)، (Ex-K)، (Av-K)، (NEx-K) پتاسیم در خاک‌های تحت کشت مستمر سیب‌زمینی بود (شکل۱). این روند تأیید می‌کند که حتی در خاک‌هایی با ذخیره اولیه بالا، کشت مستمر بدون جایگزینی مناسب کود پتاسیمی به سرعت باعث تخلیه منابع قابل بهره‌برداری پتاسیم می‌شود.

این نتایج در تطابق کامل با مطالعات منطقه‌ای مانند مقاله Dovlati و همکاران (۲۰۱۰)، رنجبر و همکاران (۱۳۹۸) و دیگر پژوهش‌های بین‌المللی است که لزوم مدیریت بهینه کودهای پتاسیمی، تناوب زراعی مناسب و پایش مستمر ذخایر خاک را برای حفظ حاصلخیزی و جلوگیری از کاهش عملکرد تأکید کرده‌اند بنابراین، نتایج این پژوهش علاوه بر تکمیل دانش علمی پیرامون تأثیرات کشت مستمر در خاک‌های آهکی نیمه‌خشک، راهنمای عملی مهمی در جهت ارتقای استراتژی‌های مدیریت تغذیه پتاسیمی و حفاظت از خاک محسوب می‌شود.



شکل۱_ مقایسه میانگین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های زراعی و غیرزراعی

V: غیرزراعی، C: زراعی، Kso: پتاسیم محلول، Kex: پتاسیم تبادلی، Kav: پتاسیم قابل استفاده، Knex: پتاسیم غیر قابل تبادل

نتیجه‌گیری

کشت مستمر سیب‌زمینی در خاک‌های آهکی استان اردبیل منجر به کاهش معنادار شکل‌های مختلف پتاسیم قابل جذب خاک شده است، که این کاهش می‌تواند به تدریج ظرفیت حاصلخیزی خاک و عملکرد کشاورزی را تحت تاثیر قرار دهد. کاهش چشمگیر پتاسیم محلول، تبادلی و قابل استفاده نشان‌دهنده مصرف بالای این عنصر در چرخه تولید و عدم جبران کافی آن از طریق کوددهی است. همچنین، کاهش درصد رس و تغییرات فیزیکی در ساختار خاک به کاهش ظرفیت نگهداری پتاسیم کمک می‌کند و در نتیجه دسترسی گیاه به این عنصر حیاتی محدود می‌شود. این یافته‌ها ضرورت توجه ویژه به مدیریت دقیق کودهای پتاسیمی، طراحی برنامه‌های تناوب زراعی مناسب و پایش مستمر ذخایر پتاسیم خاک را نشان می‌دهد. اجرای چنین راهکارهایی می‌تواند به حفظ تعادل غذایی خاک، جلوگیری از تخریب ساختار خاک و افزایش پایداری تولید سیب‌زمینی در این مناطق کمک کند. نتایج این مطالعه می‌تواند مبنایی برای تدوین سیاست‌های بهینه تغذیه خاک‌های آهکی و حفاظت منابع طبیعی در استان اردبیل باشد.

منابع:

رنجبر، ر.، سپهر، ا.، صمدی، ع.، برین، م. و دولتی، ب. (۱۳۹۸). شکل‌های پتاسیم خاک و پارامترهای کمیت به شدت (Q/I) پتاسیم و همبستگی آن با برخی خصوصیات خاک در مناطق زیر کشت توتون شمال غرب ایران. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۶ (۲)، ۲۱۰-۱۹۵.

وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی اقتصادی، مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات. (۱۴۰۳). آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی (تهیه‌کننده: معاونت آمار، مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات). تهران: وزارت جهاد کشاورزی.

Azadi, A., & Shakeri, S. (2020). Effect of different land use on Potassium forms and some soil properties in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Southwest Iran. *Iran Agricultural Research*, *39*(1), 121-133.

Barłóg, P., Hlisnikovský, L., Łukowiak, R., & Kunzová, E. (2025). Soil Phosphorus and Potassium Fractions in Response to the Long-Term Application of Pig Slurry and NPK Mineral Fertilizers. *Agronomy*, *15*(5), 1183.

Dovlati, B., Samadi, A., & Oustan, S. (2010). Effects of Long-Term Continuous Cropping of Sunflower on K Forms in Calcareous Soils of Western Azerbaijan Province Iran. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES-TARIM BILIMLERI DERGISI*, *16*(2), 71-82.

Ghosh, S., Mondal, G., Chakraborty, S., Banerjee, S., Kumar, S., Basu, R., & Bhattacharyya, P. (2025). Geogenic perspectives on potassium dynamics and plant uptake: insights from natural and submerged conditions across different soil types with machine learning predictions. *Frontiers in Soil Science*, *5*, 1539477.

Hamid, M. M., & Kadhim, A. J. (2022, July). Potassium Forms Status in Some Iraqi Sedimentary Soils and Effect of Cultivation on It. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1060, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.

Nabiollahy, K., Khormali, F., Bazargan, K., & Ayoubi, S. (2006). Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. *Clay Minerals*, *41*(3), 739-749.

Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D. R. (1982). Methods of soil analysis, part II. *American Society of Agronomy, Madison, WI*.

Shaomeng, Z., Shunlin, Z., Wenjing, L., Peipei, W., Qin, Z., & Jichao, Y. (2018). Study on different potato continuous cropping ways on rhizosphere soil nutrients and enzyme activities. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *3*(5), 266192.

Thomas, G. W. (1982). Exchangeable cations. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, *9*, 159-165.

Effect of Continuous Potato Cultivation on Different Forms of Potassium in Calcareous Cultivated and Uncultivated Soils of Ardabil Province

Nasim Shahbazi[1]*, Abbas Samadi[2], and Esmaeil Goli-Kalanpa[3]

1. Ph.D. Candidate, Department of Soil Science, University of Urmia, Urmia, Iran. *Email: 74nasimshahbazi@gmail.com*
2. Professor, Department of Soil Science, University of Urmia, Urmia, Iran.
3. Associate Professor, Department of Soil Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Abstract

To investigate the effect of continuous potato cultivation on the distribution of different forms of potassium in calcareous soils, 40 surface soil samples (0–30 cm) were collected from 20 sites, including cultivated fields and adjacent uncultivated soils, in Ardabil Province. The samples were analyzed for physical and chemical properties, soil texture, and the concentrations of soluble (So-K), exchangeable (Ex-K), available (Av-K), and non-exchangeable (NEx-K) potassium. The studied soils were alkaline and calcareous, and the clay content in cultivated soils showed an average decrease of 20% compared to uncultivated soils ($P \leq 0.01$). Results indicated that continuous cultivation significantly ($P \leq 0.01$) reduced soluble (33%), exchangeable (23%), and available (22%) potassium in cultivated soils relative to uncultivated soils. Pearson correlation analysis revealed significant negative correlations between clay content and Ex-K ($r = -0.362^{**}$), Av-K ($r = -0.367^{**}$), and NEx-K ($r = -0.376^{**}$). Moreover, So-K exhibited very strong positive correlations with Ex-K ($r = 0.799^{***}$) and Av-K ($r = 0.999^{***}$). These findings indicate that continuous potato cultivation leads to the depletion of plant-available potassium in cultivated soils, highlighting the necessity for proper potassium fertilization management and the adoption of appropriate crop rotations.

Keywords: Ardabil Province, Calcareous Soil, Potato, Continuous Cultivation, Potassium