

## تأثیر افزودن مقادیر مختلف مکمل سیترات پتاسیم به آب و خوراک، بر نسبت جنسیت موش‌های صحرایی

روزبه فلاحی<sup>۱\*</sup>، علیرضا یوسفی<sup>۲</sup>

- بخش تحقیق، تولید و پرورش حیوانات آزمایشگاهی، موسسه تحقیقات واکنش و سرم سازی رازی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج- ایران.
- بخش پاتولوژی و حیوانات تحت آزمایش، موسسه تحقیقات واکنش و سرم سازی رازی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج- ایران.

دریافت: ۲۰ مرداد ۱۳۹۹ پذیرش: ۱۹ خردادماه ۱۴۰۰

### چکیده

تغییر نسبت جنسیت در برخی از گونه‌ها مانند موش صحرایی به دلیل کاربرد بیشتر یک جنس اهمیت خاصی دارد. هدف این پژوهش، بررسی افزودن سطوح مختلف مکمل سیترات پتاسیم به آب و خوراک، بر نسبت جنسیت موش‌های صحرایی بود. تعداد ۵۰ سر موش صحرایی ماده و ۲۵ سر نر بالغ به طور تصادفی به ۵ گروه آزمایشی تقسیم شدند و با جیره یا آب مکمل‌سازی شده با سطوح مختلف سیترات پتاسیم از ۲۰ روز پیش تا ۱۰ روز پس از جفت‌گیری تحت آزمایش قرار گرفتند. طی دوره‌ی آزمایش و به مدت ۱۰ هفته پس از زایش، مصرف آب و خوراک به صورت هفتگی ثبت شد و پس از زایمان، تعداد نوزادان و جنسیت آن‌ها مطالعه شد. سیترات پتاسیم در تمام گروه‌های آزمایشی موجب افزایش نر زایی گردید؛ اما تنها در گروه جیره غذایی حاوی پتاسیم به میزان سه برابر نیاز، نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و نسبت جنسیت تغییر یافت ( $P < 0.05$ ). میانگین وزن بدن تمام گروه‌های تیماری نسبت به شاهد کاهش یافت، همچنین، افزودن سیترات پتاسیم به جیره‌های غذایی و آب موجب کاهش عمل‌کرد تولیدمثل گروه‌های تیماری نسبت به گروه شاهد از نظر تعداد نتایج به میزان ۱/۹ تا ۱۳/۵ درصد شد؛ اگرچه استفاده از این ماده معدنی نرخ نر زایی را افزایش داد، اما به دلیل کاهش عمل‌کرد تولیدمثل کلنی و کاهش وزن بدن، تجویز مستمر آن توصیه نمی‌گردد، ولی می‌توان در مواقع لزوم به‌صورت کوتاه مدت از آن استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** نسبت جنسیت، تولیدمثل، جیره غذایی، پتاسیم، موش صحرایی.

### مقدمه

وجود دارد. برای نمونه، فاصله زمانی بین تخم‌گذاری و زمان انجام آمیزش بر تعیین جنسیت اثر گذار است؛ زیرا اسپرم‌های حاوی کروموزوم Y سبک‌ترند و سریع‌تر حرکت می‌کنند، ولی طول عمر کمتری نسبت به اسپرم‌های حاوی کروموزوم X دارند. اگر زمان آمیزش نزدیک به تخم‌گذاری باشد، احتمال نر شدن جنین بیشتر می‌شود (۹). در انسان اگر آمیزش سه روز قبل از تخم‌گذاری صورت گیرد، شانس ماده‌زایی بیشتر است. در آمیزش‌های که اسپرم به‌جای تخلیه در ابتدای واژن، نزدیک به دهانه رحم انزال می‌شود، شانس نر زایی افزایش می‌یابد. بر عکس در آمیزش‌هایی که اسپرم در ابتدای واژن تخلیه می‌شود، به دلیل عبور اسپرم‌ها از مجرای واژن که به طور طبیعی

رشد و تکامل جنین در دوران آبستنی تحت تأثیر ژنتیک جنین، ترشح هورمون‌های مادر و نیز عوامل محیطی مانند تغذیه مادر است. جیره غذایی مناسب باید دارای مقادیر مناسبی کربوهیدرات، چربی، پروتئین، آمینواسید، مواد معدنی و ویتامین‌های مختلف باشد. پژوهش در راستای انتخاب جنسیت و برتری نوع جنس از زمان باستان مطرح بوده است؛ به طوری که آناکساگوراس (Anaxagoras) دانشمند یونانی طی سال‌های ۵۱۰-۴۲۸ قبل از میلاد به این موضوع اشاره کرده است (۷ و ۸). روش‌های متعددی برای ایجاد تغییر در نسبت جنسیت

pH اسیدی دارد، شانس ماده‌زایی افزایش می‌یابد (۹). روش دیگری که نسبت جنسیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، انتخاب نوع اسپرم است. با روش فلوسایتومتری می‌توان نوع اسپرم حاوی کروموزوم X و یا Y را تفکیک کرد و برای لقاح به روش تلقیح مصنوعی یا لقاح برون‌تنی استفاده کرد (۷)، همچنین می‌توان با روش‌های تشخیص جنسیت جنین پیش از تولد، از طریق آمینوسنتز و یا سونوگرافی و سقط‌های انتخابی، به جنسیت مد نظر دست یافت (۷).

روش‌های ذکر شده همگی پرهزینه است و در بیشتر موارد انجام آن روی حیوانات مختلف از جمله حیوانات آزمایشگاهی نه تنها کاربردی نیستند، بلکه توجیه اقتصادی نیز ندارند. با توجه به این که در پژوهش‌های بیولوژی گاهی استفاده از یک جنس خاص برای انجام پژوهش اولویت دارد (مانند جنس نر موش صحرایی)، این امر تقاضا برای آن را افزایش می‌دهد. به‌طور طبیعی نسبت جنسیت نوزادان موش صحرایی تقریباً برابر است، بنابراین در مراکز تولید و پرورش حیوانات آزمایشگاهی، به‌کارگیری روش‌های کاربردی مختلف برای افزایش نرایی این گونه‌ی آزمایشگاهی، اهمیت اقتصادی زیادی به دنبال خواهد داشت. دست‌کاری ترکیبات جیره از جمله برخی مواد معدنی خاص مانند پتاسیم، از روش‌های کاربردی است که می‌توان از آن برای تغییر نسبت جنسیت بهره جست. نشان داده شده است که تغییرات جیره‌ای می‌تواند با تعدیل محیط دستگاه تولید مثل ماده و در نتیجه افزایش و یا کاهش تحرک اسپرم، تسهیل نفوذ اسپرم به درون تخمک و یا زنده ماندن رویان‌های با یک جنس خاص اثر گذار باشد (۲ و ۱۳)، همچنین، جیره‌های غذایی حاوی سدیم، پتاسیم، فسفر، آهن و روی با افزایش pH رحم، نقش موثری در نرایی دارند (۱ و ۸). تعادل بین یون‌های سدیم و پتاسیم در برابر یون‌های کلسیم و منیزیم باعث تغییراتی در گیرنده‌های سطحی تخمک می‌شود که بر جذب اسپرم‌های با کروموزوم Y و یا X به سوی تخمک اثر گذار است (۱، ۹ و ۱۰).

با توجه به وجود منابعی که نشان می‌دهند دست‌کاری ترکیب جیره به‌ویژه یون‌ها می‌تواند موجب تغییر در نسبت جنسیت شود و همچنین ارزش بیشتر تولد موش‌های صحرایی نر نسبت به ماده برای مراکز پرورش حیوانات

آزمایشگاهی. این پژوهش با هدف مطالعه‌ی اثر تغییر پتاسیم مصرفی بر نسبت جنسیت و درصد نرایی موش-های صحرایی انجام شد.

### مواد و روش کار

در این پژوهش با رعایت کامل مقررات کمیته اصول اخلاق کار با حیوانات آزمایشگاهی موسسه تحقیقات واکنش و سرم سازی رازی، از ۵۰ سر موش صحرایی بالغ ماده و ۲۵ سر موش صحرایی نر بالغ (به نسبت ۲ به ۱ در هر قفس) نژاد Wistar استفاده شد. موش‌های صحرایی به طور تصادفی از کلنی پرورش موش‌های صحرایی موسسه رازی انتخاب شدند. طی مدت آزمایش (۱۰ هفته) حیوانات در شرایط استاندارد محیطی با دمای °C ۲۲ و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند. حیوانات تحت آزمایش به‌طور تصادفی به ۵ گروه آزمایشی تقسیم شدند و با جیره یا آب مکمل‌سازی شده با سطوح مختلف سیترات پتاسیم ( $K_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$ ; SDFCL, India از ۲۰ روز پیش تا ۱۰ روز پس از جفت‌گیری تحت آزمایش قرار گرفتند. هر گروه شامل ۵ قفس (تکرار) بود که در هر قفس دو سر موش صحرایی ماده و یک سر موش صحرایی نر وجود داشت. گروه‌های آزمایشی شامل (۱) تغذیه‌ی جیره غذایی پایه حاوی مقدار استاندارد پتاسیم مورد نیاز (شاهد؛ ۲) تغذیه‌ی جیره غذایی حاوی پتاسیم به میزان دو برابر نیاز (۱/۶٪؛ ۳) تغذیه‌ی جیره غذایی حاوی پتاسیم به میزان سه برابر نیاز (۲/۴٪؛ ۴) تغذیه‌ی جیره پایه همراه با آب حاوی ۲۲ g/L مکمل سیترات پتاسیم (تأمین دو برابر نیاز پتاسیم) و (۵) تغذیه‌ی جیره استاندارد همراه با آب حاوی ۴۵ g/L مکمل سیترات پتاسیم (تأمین سه برابر نیاز پتاسیم) بودند.

طی دوره‌ی آزمایش، مصرف آب و خوراک (تا هفته هشتم پس از زایش)، تعداد نوزادان و جنسیت آن‌ها (تا هفته ششم پس از زایش) و وزن بدن (تا هفته دهم پس از زایش) به صورت هفتگی ثبت شد. جنسیت نوزادان بر اساس مشاهده و مقایسه ano-genital distance تعیین شد (۹).

داده‌ها به صورت طرح کاملاً تصادفی و با نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه و تحلیل شدند. پیش از تجزیه و تحلیل آماری، نرمال بودن توزیع داده‌های کمی پیوسته



میانگین و خطای استاندارد اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر مصرف آب، خوراک و وزن بدن طی مدت آزمایش در جدول ۱ درج شده است. اثر تیمار، زمان و برهم کنش تیمار×زمان بر فراسنجه‌های مورد بررسی معنی‌دار بود ( $P < 0.01$ )؛ گروه سوم با مصرف سه برابر نیاز پتاسیم در جیره، بالاترین و گروه پنجم با مصرف سه برابر نیاز پتاسیم در جیره و آب (حاوی مقدار استاندارد پتاسیم در غذا و دو برابر نیاز پتاسیم در آب) کمترین مصرف آب و خوراک در گروه‌های آزمایشی داشتند ( $P < 0.05$ )؛ با وجود این که کمترین میانگین وزن بدن متعلق به گروه پنجم بود، اما با وجود بیشترین میزان مصرف خوراک، بالاترین میانگین وزن بدن مربوط به گروه ۳ نبود و در گروه شاهد ثبت شد ( $P < 0.05$ ).

مانند وزن بدن، مصرف آب و خوراک با رویه‌ی UNIVARIAT و آزمون Shapro-Whilk بررسی شد. داده‌های مربوط به وزن بدن و مصرف آب و خوراک با رویه GLM تجزیه و تحلیل شد. تفاوت نسبت جنسیت در هر گروه در مقایسه با نسبت ۰/۵۰ : ۰/۵۰ (۱ به ۱) با آزمون کای-اسکوئر و مقایسه درصد نرزاری در هر گروه با رویه‌ی Genmod و به صورت رگرسیون لجستیک با حداکثر Log-Likelihood و مقایسه‌ی Odd-Ratio آنالیز شد. نتایج به صورت میانگین و خطای استاندارد میانگین (SEM) گزارش شد و سطح معنی‌داری،  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین بین گروه‌های مختلف با آزمون چند دامنه‌ای توکی انجام شد.

## نتایج

**جدول ۱- میانگین  $\pm$  خطای استاندارد میانگین (SEM) مصرف خوراک، آب و وزن بدن در موش‌های صحرایی تغذیه شده با جیره یا آب مکمل‌سازی شده با سطوح مختلف سیترات پتاسیم.**

گروه‌های آزمایشی*	مصرف خوراک (g)	مصرف آب (ml)	وزن اولیه (g)**	وزن بدن (g)
گروه ۱ (شاهد)	۴۹۵ <sup>c</sup>	۱۲۵۰ <sup>c</sup>	۱۶۵	۲۷۴ <sup>a</sup>
گروه ۲	۵۵۵ <sup>b</sup>	۱۴۱۷ <sup>b</sup>	۱۶۳	۲۶۷ <sup>b</sup>
گروه ۳	۵۶۸ <sup>a</sup>	۱۵۰۰ <sup>a</sup>	۱۶۴	۱۹۵ <sup>d</sup>
گروه ۴	۴۷۰ <sup>d</sup>	۱۱۳۳ <sup>e</sup>	۱۶۷	۲۵۶ <sup>c</sup>
گروه ۵	۴۲۱ <sup>e</sup>	۹۱۷ <sup>f</sup>	۱۶۸	۱۸۸ <sup>e</sup>
میانگین خطای استاندارد	۶/۸۵	۱۵/۰۱	۳/۵۴	۱/۸۱
سطح معنی‌داری				
اثر تیمار	<0/001	<0/001	0/95	<0/001
اثر هفته‌های آزمایش	<0/001	<0/001	-	<0/001
اثر تیمار×هفته	<0/001	<0/001	-	<0/001

a-f: در هر ردیف، میانگین‌های دارای بندواژه‌های انگلیسی متفاوت، با یکدیگر اختلاف آماری دارند ( $P < 0.05$ ). \* گروه‌های آزمایشی شامل ۱) تغذیه‌ی جیره غذایی پایه حاوی مقدار استاندارد پتاسیم مورد نیاز (شاهد)؛ ۲) تغذیه‌ی جیره غذایی حاوی پتاسیم به میزان دو برابر نیاز (۱/۶٪)؛ ۳) تغذیه‌ی جیره غذایی حاوی پتاسیم به میزان سه برابر نیاز (۲/۴٪)؛ ۴) تغذیه‌ی جیره پایه همراه با آب حاوی ۲۲ g/L مکمل سیترات پتاسیم (تامین دو برابر نیاز پتاسیم) و ۵) تغذیه‌ی جیره استاندارد همراه با آب حاوی ۴۵ g/L مکمل سیترات پتاسیم (تامین سه برابر نیاز پتاسیم) بودند.

\*\* میانگین وزن اولیه شامل وزن نرها و ماده‌ها در هر قفس است. میانگین وزن اولیه نرها  $175 \pm 1/76$  و ماده‌ها  $155 \pm 1/87$  بود و بین گروه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0.05$ ).

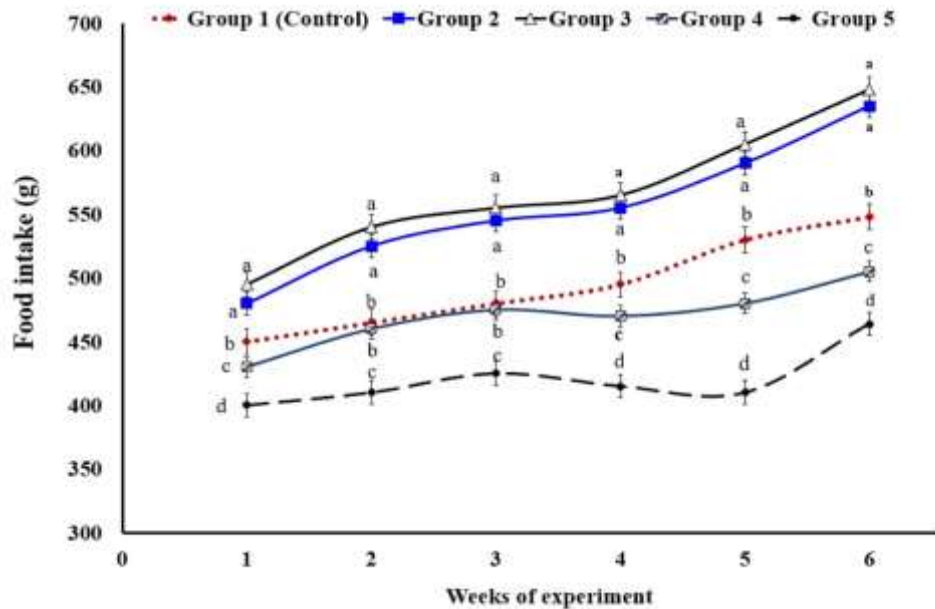
به ترتیب در نمودارهای ۱ الی ۵ نشان داده شده است. در بیشتر هفته‌های آزمایش تغذیه جیره‌های حاوی ۲ و ۳

برهم کنش بین اثر تیمار و هفته‌های آزمایش بر مصرف خوراک، آب و وزن بدن موش‌های صحرایی تحت آزمایش

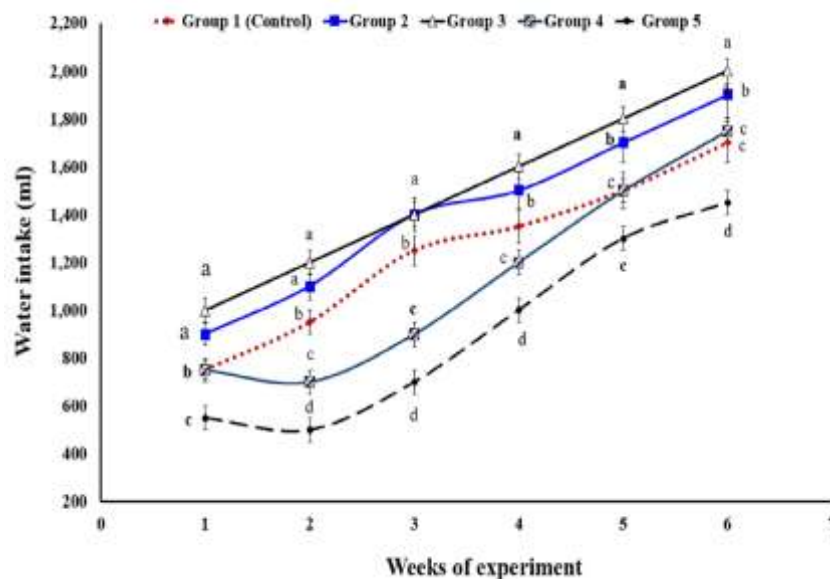


تقریباً بجز در چهار هفته نخست که افزودن پتاسیم به جیره موجب افزایش وزن بدن در موش‌های صحرایی گروه‌های ۲ و ۴ شد؛ در سایر هفته‌ها تیمارهای آزمایشی موجب کاهش وزن بدن نسبت به گروه شاهد گردید ( $P < 0.05$ ).

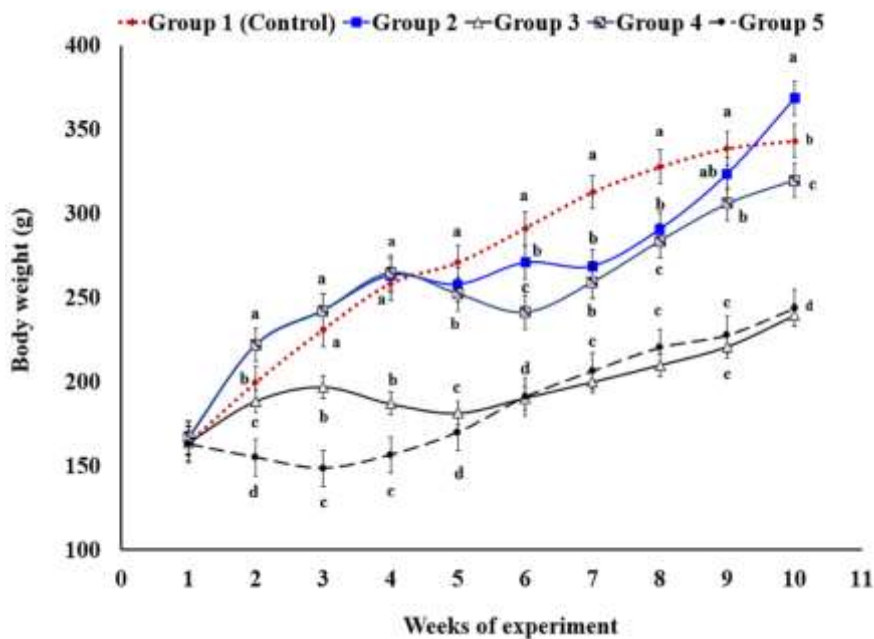
برابر مورد نیاز پتاسیم موجب تحریک مصرف خوراک و افزودن پتاسیم به میزان ۲۲ گرم و ۴۵ گرم/لیتر به آب موجب کاهش مصرف آب و خوراک نسبت به گروه شاهد شد ( $P < 0.05$ )؛ با این وجود تغییرات وزن بدن در طول هفته‌های مختلف در راستای تغییرات مصرف خوراک نبود.



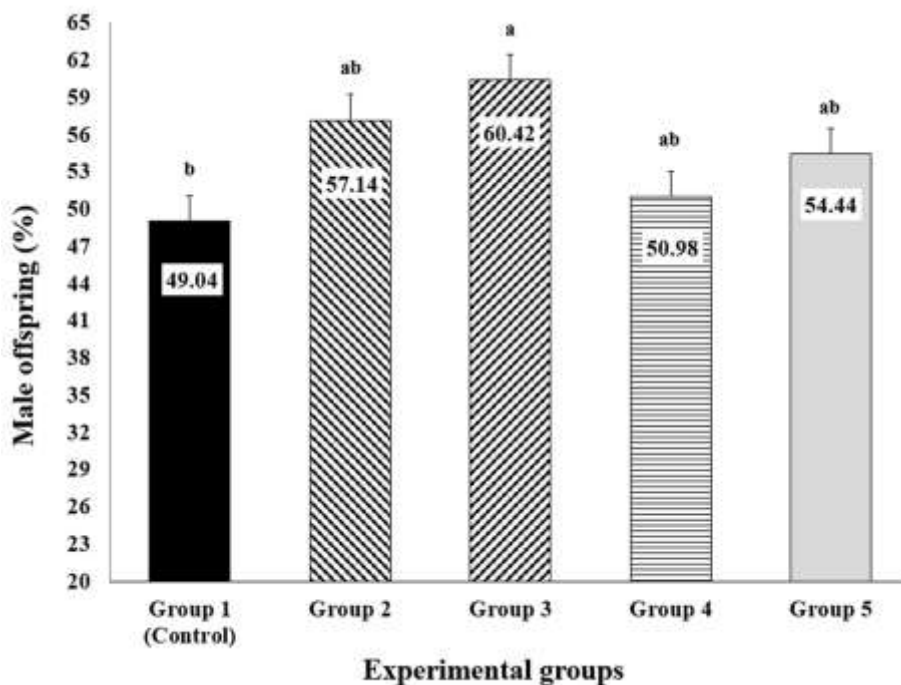
**نمودار ۱-** تأثیر افزودن سطوح مختلف سیترات پتاسیم به خوراک و آب بر مصرف خوراک موش‌های صحرایی طی هفته‌های مختلف آزمایش. در هر هفته، میانگین‌های با بندواژه‌های انگلیسی متفاوت، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ( $P < 0.05$ ). گروه‌های آزمایشی در جدول ۱ مشخص شده‌اند. مصرف هفتگی خوراک با کسر کردن مقدار باقی‌مانده خوراک از مقدار اولیه محاسبه شد.



**نمودار ۲-** تأثیر افزودن سطوح مختلف سیترات پتاسیم به خوراک و آب بر مصرف آب موش‌های صحرایی طی هفته‌های مختلف آزمایش. در هر هفته، میانگین‌های با بندواژه‌های انگلیسی متفاوت، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ( $P < 0.05$ ). گروه‌های آزمایشی در جدول ۱ مشخص شده‌اند. آب مصرفی با کسر کردن میزان آب باقی‌مانده از میزان آب ارائه شده محاسبه گردید.

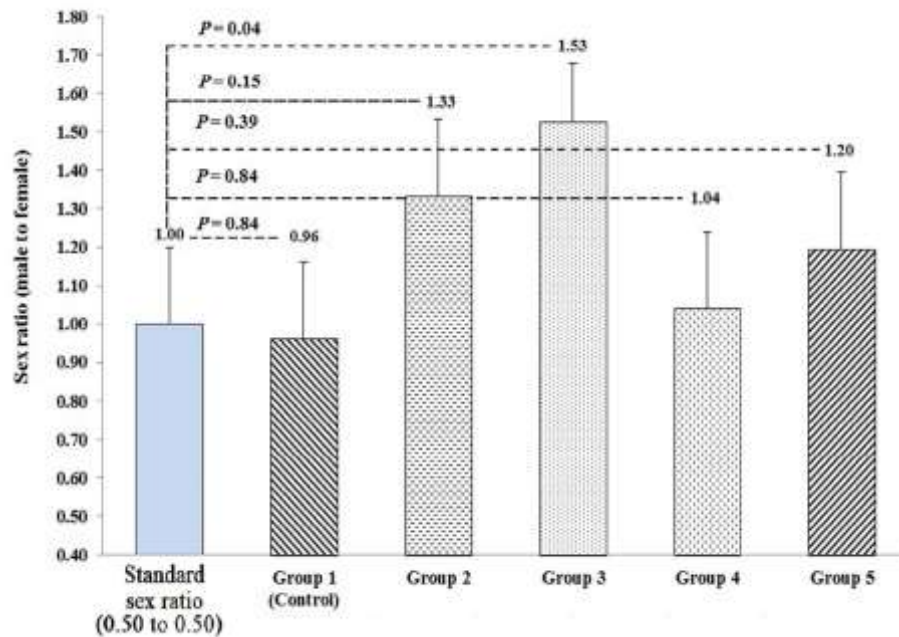


**نمودار ۳-** تأثیر افزودن سطوح مختلف سیترات پتاسیم به خوراک و آب بر تغییرات وزن بدن موش‌های صحرایی طی هفته‌های مختلف آزمایش. در هر هفته، میانگین‌های با بندواژه‌های انگلیسی متفاوت، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ( $P < 0.05$ ). گروه‌های آزمایشی در جدول ۱ مشخص شده‌اند.



**نمودار ۴-** تأثیر افزودن سطوح مختلف سیترات پتاسیم به آب و خوراک بر درصد نرایی موش‌های صحرایی. میانگین‌های با بندواژه‌های انگلیسی متفاوت، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ( $P < 0.05$ ). گروه‌های آزمایشی در جدول ۱ مشخص شده‌اند.





**نمودار ۵-** تأثیر افزودن سطوح مختلف سیترات پتاسیم به آب و یا خوراک بر نسبت جنسیت نر به ماده در موش‌های صحرائی در مقایسه با نسبت استاندارد ۱ به ۱. اختلاف‌های معنی‌دار در سطح  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد. گروه‌های آزمایشی در جدول ۱ مشخص شده‌اند.

آزمایش شد. اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد نرزی در نمودار ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، تنها تغذیه سه برابر نیاز سیترات پتاسیم (گروه سوم) موجب افزایش معنی‌دار درصد نتاج نر نسبت به گروه شاهد شد ( $P < 0.05$ ). تغییرات نسبت جنسیت در گروه‌های مختلف آزمایشی در مقایسه با نسبت ۵۰:۵۰ در نمودار ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، تنها گروه سوم (تغذیه سه برابر نیاز پتاسیم) توانست نسبت جنسیت را از نسبت استاندارد دچار انحراف کند ( $P < 0.05$ ).

آمار توصیفی اثر تیمارهای آزمایشی بر عمل‌کرد تولیدمثل موش‌های صحرائی تحت آزمایش در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج نشان داد که از نظر تعداد نتاج، تمام گروه‌های آزمایشی عمل‌کرد ضعیف‌تری نسبت به گروه شاهد داشتند. درصد کاهش تولیدمثل در گروه‌های آزمایشی ۲ تا ۵ نسبت به گروه ۱ (شاهد) به ترتیب ۵/۸، ۷/۷، ۱/۹ و ۱۳/۵ درصد بود. افزودن سیترات پتاسیم به میزان ۴۵ گرم در لیتر آب (گروه ۵) موجب بیشترین کاهش در عمل‌کرد زادآوری موش‌های صحرائی تحت

**جدول ۲-** آمار توصیفی اثر افزودن سطوح مختلف سیترات پتاسیم به خوراک و آب مصرفی بر عمل‌کرد تولیدمثلی موش‌های صحرائی.

گروه آزمایشی*	جمع تعداد نوزادان	تعداد نوزادان نر	تعداد نوزادان ماده	تأثیر بر تعداد نتاج
گروه ۱ (شاهد)	۱۰۴	۵۱	۵۳	-
گروه ۲	۹۸	۵۶	۴۲	کاهش به میزان ۵/۸٪
گروه ۳	۹۶	۵۸	۳۸	کاهش به میزان ۷/۷٪
گروه ۴	۱۰۲	۵۲	۵۰	کاهش به میزان ۱/۹٪
گروه ۵	۹۰	۴۹	۴۱	کاهش به میزان ۱۳/۵٪

\* گروه‌های آزمایشی شامل (۱) تغذیه‌ی جیره غذایی پایه حاوی مقدار استاندارد پتاسیم مورد نیاز (شاهد)؛ (۲) تغذیه‌ی جیره غذایی حاوی پتاسیم به میزان دو برابر نیاز (۱/۶٪)؛ (۳) تغذیه‌ی جیره غذایی حاوی پتاسیم به میزان سه برابر نیاز (۲/۴٪)؛ (۴) تغذیه‌ی جیره پایه همراه با آب حاوی ۲۲ g/L مکمل سیترات پتاسیم (تامین دو برابر نیاز پتاسیم) و (۵) تغذیه‌ی جیره استاندارد همراه با آب حاوی ۴۵ g/L مکمل سیترات پتاسیم (تامین سه برابر نیاز پتاسیم) بودند.

## بحث

می‌دهد افزایش یون‌های سدیم و پتاسیم جیره در تغییر جنسیت و افزایش نر زایی در خرگوش و هامستر آزمایشگاهی اثرگذار است (۴، ۵، ۶ و ۷)، همچنین، تأثیر یون‌های کلسیم و منیزیم در تغییر جنسیت و افزایش ماده‌زایی هامسترهای آزمایشگاهی نیز گزارش شده است (۳). Oun و همکاران در سال ۲۰۱۶ نشان دادند که افزودن سدیم و پتاسیم به میزان ۱ درصد به آب آشامیدنی موش‌های صحرایی موجب نر زایی به میزان ۵۶/۸۱ درصد و نیز افزودن کلسیم و منیزیم موجب ماده‌زایی به میزان ۶۰/۷۹ درصد می‌شود (۹)؛ در پژوهشی مشابه، Vahidi و Sheikhhha در سال ۲۰۰۷ درصد نر و ماده‌زایی را به ترتیب ۵۵/۴۸٪ و ۵۹/۵٪ گزارش کردند (۱۴).

سازوکارهای اثر عوامل مختلف بر تغییر نسبت جنسیت به‌طور کامل مشخص نشده است، ولی ممکن است دلیل آن تأثیری باشد که بر دستگاه تولید مثل ماده ایجاد کرده و موجب افزایش یا کاهش تحرک اسپرم‌های حاوی کروموزوم نر و یا ماده به سمت تخمک می‌شود (۹)، همچنین تغییرات ایجاد شده ممکن است نفوذ اسپرم به درون تخمک را تسهیل و یا زنده ماندن رویان‌های با کروموزوم XX و یا XY را تغییر دهد (۲ و ۱۳). نشان داده شده است که کاهش نسبت کاتیون‌های تک ظرفیتی به کاتیون‌های دو ظرفیتی در جیره غذایی موجب کاهش فعالیت آنزیم گلیسیریل فسفریل کولین دی استراز رحم و افزایش ماده‌زایی می‌گردد (۲). در پستانداران مختلف و انسان، تغییر در غلظت یون‌های جیره غذایی جنس ماده پیش از آمیزش می‌تواند روی نسبت جنسیت نوزادان تأثیر بگذارد، همچنین جیره‌های غذایی حاوی سدیم، پتاسیم، فسفر، آهن و روی باعث افزایش pH رحم می‌شود و نقش موثری در نر زایی دارند (۱ و ۸). نشان داده شده است که تعادل بین یون‌های مختلف می‌تواند بر بیان گیرنده‌های سطحی تخمک و اتصال آن با اسپرم‌های حاوی کروموزوم نر و یا ماده اثرگذار باشد. زمانی که میزان سدیم و پتاسیم جیره غذایی جنس ماده بالا و کلسیم و منیزیم پایین باشد، دیواره تخمک‌ها به جذب بیشتر اسپرم حاوی کروموزوم Y تمایل دارد و هنگامی که میزان کلسیم و منیزیم بالا و سدیم و پتاسیم پایین باشند، تمایل به جذب اسپرم‌های X افزایش می‌یابد (۱، ۹ و ۱۰). بیشتر پژوهش‌های انجام شده در خصوص بررسی اثر تغییر یون-

تعیین جنسیت گونه‌های مختلف با توجه به اهمیت یک جنس نسبت به جنس دیگر می‌تواند حائز اهمیت باشد. برای نمونه، در انسان گاهی فرزند دختر و گاهی پسر ترجیح داده می‌شود. در صنعت گاو شیری، گوساله‌های ماده به دلیل اهمیت تولید شیر، نسبت به گوساله نر که در بیشتر زمینه‌ها برای تولید گوشت استفاده می‌شود، در اولویت هستند. در خصوص حیوانات آزمایشگاهی نیز این موضوع بسته به گونه و شرایط ممکن است متفاوت باشد، اما در بیشتر زمینه‌ها جنس نر، شاید به دلیل عدم تغییرات هورمونی مرتبط با فعلی و آبستنی که در جنس ماده مشاهده می‌شود، برای انجام آزمایش‌ها اولویت دارد؛ برای نمونه در خصوص موش‌های صحرایی، اولویت پژوهشگران اغلب استفاده از جنس نر است. مصرف بعضی از مواد غذایی در دوران بارداری در تعیین جنسیت جنین تأثیرگذار است. برای نمونه استفاده از برخی مواد معدنی می‌تواند نسبت نوزادان متولد شده نر به ماده را به صورت معنی‌داری از نسبت ۵۰:۵۰ تغییر دهد (۴ و ۱۱). یک باور قدیمی وجود دارد که خوردن غذاهای کمی شور (سدیم بالا) باعث افزایش درصد نر زایی می‌شود، همچنین عنوان شده است که اگر مقدار غذای در دسترس موش‌های ماده کم باشد، نر زایی کاهش و اگر غذا همیشه در دسترس آن‌ها باشد، نر زایی افزایش می‌یابد (۲).

در این پژوهش اثر افزودن سطوح مختلف سیترات پتاسیم به آب و یا خوراک موش‌های صحرایی بر نسبت جنسیت و نر زایی مطالعه شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش پتاسیم جیره غذایی به میزان سه برابر حد استاندارد موجب افزایش معنی‌دار نر زایی موش‌های صحرایی نسبت به گروه شاهد می‌شود. تغییر معنی‌دار نسبت جنسیت در گروه سوم در مقایسه با نسبت استاندارد ۱ به ۱ نیز نشان داد که جیره‌های موش‌های صحرایی گروه سوم اثر قابل توجهی بر نسبت جنسیت داشته است. این یافته با نتایج سایر پژوهش‌های انجام شده مطابقت داشت (۱، ۲، ۹، ۱۲ و ۱۴). با این وجود، Saleh و Iriyanti در سال ۲۰۱۰ با افزودن یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به جیره‌های غذایی مرغ‌ها تغییری در نسبت جنسیت جوجه‌ها گزارش نکردند (۱۲)، اما موافق با یافته‌های این پژوهش، گزارش‌هایی وجود دارد که نشان

## قدردانی و تشکر

نویسندگان این مقاله از همکاران بخش تولید و پرورش حیوانات آزمایشگاهی موسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورند.

## منابع

- ۱- حسینی، سید ابراهیم؛ اثر عصاره الکلی گل رازک (*Humulus lupulus L.*) بر نسبت جنسیت فرزندان در موش‌های کوچک آزمایشگاهی؛ مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی تبریز؛ ۱۳۹۵؛ ۶: ۱۷-۱۲.
- ۲- صالحی، محمد سعید؛ تمدن، امین؛ واحدی، محجوب؛ رحمانی فر، فرهاد؛ جعفرزاده شیرازی، محمد رضا؛ آغازی، معصومه؛ تغییر نسبت جنسیت نوزادان موش صحرایی در پاسخ به مکمل پتاسیم جیره؛ مجله تحقیقات دامپزشکی؛ ۱۳۹۳؛ ۳: ۲۳۰-۲۲۷.
- 3- Chandraju, S; Beirami, A. and Chidan Kumar, C.S; Impact of calcium and magnesium ions in identification of baby gender in high-sugar hamsters. *J Pharm Sci Res*; 2011; 3(12): 1619-1624.
- 4- Chandraju, S; Beirami, A. and Chidan Kumar, C.S; Effect of sodium and potassium ions in identification of baby gender in hamster. *Asian J Pharm Clin Res*; 2012; 5(1): 134-136.
- 5- Chandraju, S; Beirami, A. and Chidan Kumar, C.S; Impact of calcium and magnesium ions in identification of offspring gender in high-Sugar rabbits, *J Chem Pharm Res*; 2012; 4(1): 719-725.
- 6- Chandraju, S; Beirami, A. and Chidan Kumar, C.S; Impact of sodium and potassium ions in identification of second generation of offspring gender in rabbits. *Am J Phytomed Clin Therapeut*; 2014; 2(1): 24-32.
- 7- Chandraju, S; Beirami, A; Chidan Kumar, C.S. and Shree Harsha Kumar, S.S; Impact of sodium and potassium ions in identification of second generation of offspring gender in hamsters, *J Pharm Forschung (Formerly-recent Advances in Pharm Sci Res)*; 2013; 2(1): 82-89.
- 8- Dama, M.S; Pal Singh, N.M. and Rajender, S; High fat diet prevents over-crowding induced decrease of sex ratio in mice. *PLoS ONE*; 2011; 6(1)1-6.

های جیره بر نسبت جنسیت، تنها به بررسی اثرات جیره‌های مختلف بر تغییر نسبت جنسیت پرداخته‌اند و گزارش دقیقی در خصوص عوارض جانبی آن‌ها از جمله تأثیر منفی بر عملکرد رشد، وزن بدن، مصرف آب و خوراک و عملکرد تولیدمثل در دسترس نیست. در پژوهش حاضر، مشخص شد که افزودن پتاسیم به جیره غذایی و آب آشامیدنی با وجود تأثیر بر نسبت جنسیت و افزایش نرزی، موجب افزایش مصرف غذا و آب در گروه‌های ۲ و ۳ و کاهش مصرف در گروه‌های ۴ و ۵ شد. در مورد اول، احتمالاً به علت شور شدن بیش از حد غذا و در مورد دوم به علت شور و تلخ شدن آب آشامیدنی، چنین نتایجی حاصل شده است، همچنین در تمام گروه‌های تحت آزمایش، میانگین وزن مولدین نر و ماده و نیز میزان تولیدمثل کاهش یافت (جدول ۲). کاهش وزن با وجود افزایش مصرف خوراک در گروه‌های ۲ و ۳ نشان دهنده‌ی کاهش ضریب تبدیل مصرف خوراک است. نکته قابل توجه دیگر این است که علی‌رغم افزایش معنی‌دار درصد نتاج نر در گروه ۳ نسبت به گروه شاهد، با در نظر گرفتن کاهش ۷/۷ درصدی در تعداد نتاج متولد شده از این گروه، در یک بازه زمانی برابر، تعداد نرهای گروه شاهد ۵۱ و در گروه ۳ به ۵۸ مورد رسید، بنابراین از جنبه اقتصادی و هزینه‌های مکمل‌سازی و نیروی کارگری و با در نظر گرفتن کاهش عمل‌کرد رشد، به نظر می‌رسد، استفاده از راه‌کار تغذیه پتاسیم باید با احتیاط بیشتری به کار بسته شود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش سطح پتاسیم جیره به سه برابر نیاز در خوراک موش‌های صحرایی، موجب انحراف نسبت جنسیت از نسبت استاندارد ۰/۵۰ به ۰/۵۰ و افزایش درصد نرزی شد؛ با این وجود کاهش عمل‌کرد تولیدمثل و همچنین کاهش روند رشد و وزن‌گیری در موش‌های صحرایی تحت آزمایش، توصیه به استفاده مستمر از این ماده معدنی را با شک مواجه می‌کند، ولی می‌توان در مواقع لزوم از این روش به صورت مقطعی استفاده کرد، همچنین با توجه امکان ایجاد آسیب‌های کبدی و کلیوی در شرایط استفاده از سطوح بالای سیترات پتاسیم، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌هایی در خصوص آثار این ترکیب بر سلامت حیوانات انجام شود.





- 9- Oun, A.E; Bakry, S; Soltan, S; Taha, A. and Kadry, E; Preconceptional minerals administration skewed sex ratio in rat offspring. *Res Obstet Gyn*, 2016; 4(1): 11-15.
- 10- Rosenfeld, C.S; Grimm, K.M; Livingston, K.A; Brokman, A.M; Lamberson, W.E. Roberts, R.M; Striking variation in the sex ratio of pups born to mice according to whether maternal diet is high in fat or carbohydrate. *PNAS*; 2003; 100(8): 4628-4632.
- 11- Rosenfeld, C.S. and Roberts, R.M; Maternal diet and other factors affecting offspring sex ratio: a review. *Biol Reprod*; 2004; 71(14): 1063-1070.
- 12- Saleh, D.M. and Iriyanti, N; The effect of adding sodium-potassium and calcium-magnesium to the diet of native chicken hen on sex ratio of native chicks. *Anim Prod*; 2010; 12(1): 12-15.
- 13- Tana, K; Ana, L; Miaoa, K; Rena, L; Houa, Z; Taoa, L; Zhanga, Z; Wanga, X; Xiaa, W; Liub, J; Wanga, Z; Xia, G; Gaoa, S; Suia, L; Zhub, D.S; Wanga, S; Wua, Z; Bachc, I; Chend, D. and Tiana, J; Impaired imprinted X chromosome inactivation is responsible for the skewed sex ratio following in vitro fertilization. *PNAS*; 2016; 113(12): 3197-3202.
- 14- Vahidi, A.R. and Sheikhha, M.H; Comparing the effects of sodium and potassium diet with calcium and magnesium diet on sex ratio of rats' offspring. *Pak J Nutr*; 2007; 6(1): 44-48.





## Effect of adding different amounts of potassium citrate supplement to water and feed on sex ratio of laboratory rats

Roozbeh Fallahi<sup>1\*</sup>; Alireza Yousefi<sup>2</sup>

1. Department of Research, Breeding and Production of Laboratory Animals, Razi Vaccine and Serum Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj- Iran.
2. Department of Pathology and Experimental Animals, Razi Vaccine and Serum Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj- Iran.

### Summary

*Received:* 11 August 2020

*Accepted:* 9 June 2021

Change in sex ratio of some species such as rat due to the greater use of one sex is noted. The aim of this research was to investigate the effect of adding different levels of potassium citrate to water and feed on sex ratio of laboratory rats. Fifty female wistar rats and 25 males were randomly divided into 5 experimental groups and fed diets or water supplemented with different levels of potassium citrate from 20 days before to 10 days after mating. During the experiment period and 10 weeks after mating, weekly water and feed intake were measured and number of neonates and their gender were recorded. Potassium citrate increased percentage of male neonates in all the treated groups; but only the rates that dietary consumed three-fold higher than the potassium requirements showed significant difference compared to the control group and the sex ratio changed ( $P < 0.05$ ). The mean body weight in all treated rats was lower than the control group. Addition of potassium citrate to the diets and water caused 1.9 to 13.5% decrease in reproductive performance in the supplemented groups compared to the control group. Although potassium supplementation increased percentage of male rat neonates, because of the reduced reproductive performance of the colony and the reduction in body weight, the continuous administration of potassium in diet is not recommended; but, when it is required, potassium can be implemented during short period of time.

**Keywords:** Sex ratio, Reproduction, Diet, Potassium, Rat

\*Corresponding Author: [fallahiroozbeh@gmail.com](mailto:fallahiroozbeh@gmail.com)

