

تحول در اندام‌های مصنوعی با حسگرهای پیشرفته



طرحی نوآورانه با هدف تولید حسگرهای فشاری پیشرفته برای استفاده در سامانه‌های رباتیک می‌تواند اندام‌های مصنوعی بدن (پروتز) و دست و پای رباتیک را متحول کند. محققان این طرح تحقیقاتی نوآورانه در دانشگاه غرب اسکاتلند، درصدد تولید حسگرهایی هستند که موجب ارتقای قابلیت‌های ربات‌ها خواهد شد و به بهبود مهارت‌های حرکتی، چالاکی و زبردستی ربات‌ها کمک خواهد کرد. این کار از طریق کاربرد حسگرهای فشاری بسیار دقیق انجام می‌شود که بازخورد (فیدبک) لامسه‌ای و لمس توزیعی فراهم خواهد کرد. / ایرنا

گفت‌وگو

«جام جم» در گفت و گو با مدیر پروژه واکسن نورا، ناگفته‌های تولید این واکسن را بررسی کرد

«نورا» در سایه کم توجهی

عالم‌گیری کووید-۱۹ طی ۳۰ ماه گذشته با وجود آسیب‌هایی که به جنبه‌های مختلف زندگی وارد کرد، فرصت بسیار ویژه‌ای را نیز برای شتاب‌گیری تحقیقات علمی، تغییر رویه‌های کند و طولانی توسعه داروها و روش‌های درمانی و درکل افزایش اعتماد و باور به علم در حل چالش‌ها فراهم کرد. از آغاز ورود این بیماری به کشور به دلیل شرایط استراتژیک و نگران‌کننده‌ای که هر روز جان عده زیادی از هموطنان مان را می‌گرفت، محققان مراکز تحقیقاتی مختلف و شرکت‌های دانش‌بنیان مختلف همگام با همتایان‌شان در دیگر کشورهای دنیا دست به کار طراحی و توسعه واکسن‌های مختلف برای مقابله با این بیماری شدند به امید این که بتوانند واکسن موثری برای پیشگیری از این بیماری تولید کنند. در نهایت نیز از میان آنها شش واکسن مجوز تزریق عمومی را دریافت کردند. واکسن نورا، از نام‌هایی بود که از آغاز این تلاش‌ها در کشور به عنوان کاندیدای واکسن محققان دانشگاه علوم پزشکی بقیه... نامش مطرح شده بود اما در روزهای اوج واکسنیاسون کمتر نامش در کنار دیگر واکسن‌های داخلی شنیده شد. کمی دیرتر از آنها به خط پایان رسید و مجوز تولید انبوه و مصرف عمومی را دریافت کرد. در گفت‌وگو با دکتر جعفر امرانی، رئیس مرکز تحقیقات علوم میکروبی دانشگاه علوم پزشکی بقیه... و مدیر پروژه واکسن نورا، علت این تأخیر و جزئیات فنی این واکسن را جویا شدیم.



دکتر جعفر امرانی
رئیس مرکز تحقیقات علوم میکروبی دانشگاه علوم پزشکی بقیه

این که گفته می‌شود واکسن نورا از خانواده واکسن‌های نوترکیب است به چه معنی است؟ تفاوت آن با سایر واکسن‌ها چیست؟

هدف از تولید واکسن، عرضه آنتی‌ژن‌های یک عامل بیماری‌زا به سیستم ایمنی بدن و تحریک آن با کمترین اثرات جانبی و بیشترین تأثیرگذاری است. برای این کار از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که در مورد ویروس سارس-کوو-۲ نیز گروه تحقیقاتی براساس دانش فنی، تجربیات و امکاناتی که در اختیار داشت، سراغ یکی از این روش‌ها رفت. واکسن‌های کووید-۱۹ شامل واکسن ویروس‌های غیرفعال شده یا کشته شده، ام‌آر‌آی، ناقل‌های ویروسی و واکسن نوترکیب است. استفاده از ویروس غیرفعال شده یکی از روش‌های نسبتاً با سابقه در تولید واکسن‌هاست که برای آن ویروس بیماری‌زا را روش‌هایی، کاملاً غیرفعال و فرموله و در نهایت به عنوان واکسن تزریق می‌شود. در کنار نگرانی از قرار ویروس فعال در فرآیند تولید این واکسن‌ها، مشکلی که این دسته از واکسن‌ها دارند، عرضه همزمان تمام آنتی‌ژن‌های ویروس به سیستم ایمنی است که بسیاری از آنها حتی نقشی در ایجاد ایمنی علیه بیماری ندارند و فقط توان سیستم ایمنی را بی‌فایده درگیر می‌کنند؛ این موضوع می‌تواند واکنش‌ها و عوارضی را در بدن به همراه داشته باشد اما در واکسن نوترکیب پس از مطالعات روی بخش‌های مختلف آنتی‌ژن‌های یک ویروس فقط بخش از آنتی‌ژن را انتخاب می‌کنیم که هم به خوبی بتواند سیستم ایمنی را تحریک کند، هم آنتی‌بادی که علیه آن در بدن تولید می‌شود، توانایی غیرفعال سازی ویروس واقعی را داشته باشد یا به اصطلاح خنثی‌کننده باشد. درخصوص واکسن‌های ناقل ویروسی نیز که زن مورد نظر یا یک ناقل ویروسی غیربیماری‌زا به بدن منتقل می‌شود نیز می‌تواند عوارض دیگری داشته باشد که برای مثال در مورد واکسن آسترانکا عوارضی مانند لخته خون و سکنه قلبی گزارش شده بود.

چه شد که تصمیم گرفتید از میان روش‌های مختلف سراغ تولید واکسن نوترکیب بروید؟
در مواجهه با کووید-۱۹ باید تلاش می‌کردیم تا در سریع‌ترین زمان ممکن به واکسنی دست پیدا کنیم که کارایی موثری در مقابله با این بیماری داشته باشد. استفاده از روش ویروس غیرفعال شده به دلیل وابسته

بودن به استفاده از ویروس بیماری‌زای واقعی نیاز به آزمایشگاه‌ها و کارخانه‌های تولید واکسن انبوه کامل است. سطح ایمنی ۲ دارد؛ در ایران فقط یک شرکت یک خط تولید با این شرایط دارد، به همین خاطر بیشتر واکسن‌های داخلی دیگر به سمت واکسن‌های نوترکیب سوق پیدا کردند. در تولید واکسن‌های نوترکیب، آنتی‌ژن مورد نظر با کمک روش‌های مهندسی ژنتیک در محیط آزمایشگاه به میزان زیاد در فرمانتورهای مخصوص تکثیر می‌شود و پس از خالص‌سازی با فرمولاسیون دارویی خاص به عنوان واکسن مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین مخاطرات تولید آن به مراتب کمتر است و در آزمایشگاه‌های داروسازی رایج در کشور نیز امکان تولید آن وجود دارد. علاوه بر این، سابقه تحقیقاتی که از سال‌ها پیش در زمینه تولید پروتئین‌های نوترکیب داشتیم نیز پشتوانه علمی ما بود.

چرا فرآیند تولید واکسن نورا عرضه عمومی آن بیش از واکسن‌های دیگر داخلی طول کشید؟

واقعیت این است که در حال حاضر چهار واکسن نوترکیب در کشور تولید شده‌اند. با این که نورا زودتر از همه شرکت‌ها کار خود را آغاز کرد، از آنجا که تمام فرآیند مطالعات، توسعه دانش فنی، تحقیق و توسعه و کارآزمایی‌های پیش‌بالینی و بالینی آن به صورت ۱۰۰ درصد در کشور انجام شد اما سایر شرکت‌ها با انتقال دانش فنی داشتند، یا ماده مؤثره واکسن را با همکاری شرکت‌های خارجی وارد کردند یا فقط بخشی از کارآزمایی بالینی واکسن‌های خارجی را در کشور انجام دادند، نورا دیرتر به مرحله تولید انبوه رسید و فرودین ۱۴۰۱، سه میلیون دز به وزارت بهداشت تحویل شد. در ایندانه‌های مرجع به اثرگذاری واکسن نوترکیب در مورد این بیماری اطمینان نداشتند و بعد از ایجاد باور در این خصوص، اخذ مجوزهای مورد نیاز از سازمان غذا و دارو و کمیته اخلاق، مراحل تحقیق و توسعه و پس از آن با توجه به این که امکان تولید واکسن در دانشگاه وجود نداشت، عقد قرارداد با یک شرکت داروسازی که بتوان از توان فنی و خط تولیدش برای تولید واکسن کمک گرفت، وارد شدن به فاز تولید در مقیاس صنعتی، انجام تست‌ها و کارآزمایی‌های مورد نیاز هر کدام بسیار احتیاج داشت اما با وجود همه اینها به نتایج بسیار خوبی در مراحل کارآزمایی بالینی دست یافتیم. این

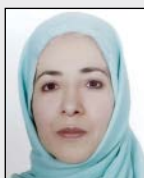
واکسن تمام مراحلش از صفر تا ۱۰۰ در کشور پیش رفته است و نتایج تست‌ها حاکی از ایجاد محافظت بالای ۹۲ درصد آن است.
تفاوت نورا با سایر واکسن‌های نوترکیب چیست؟
در بیشتر واکسن‌های نوترکیب به دلیل در معرض بودن بخش اسپیک (ژواند سطحی ویروس) از پروتئین این بخش استفاده کرده‌اند اگر در تولید واکسن نوترکیب از تمام اسپیک استفاده شود، احتمال ایجاد عوارض جانبی بیشتر خواهد بود. به همین خاطر ما فقط قسمتی از اسپیک را که مسئول اتصال به گیرنده‌های سلولی است (RBD) و در حقیقت غیرفعال شدن آن، مانع از اتصال ویروس به سطح سلول‌ها و در نتیجه تکام ماندنش از تکثیر خواهد شد را انتخاب کردیم.

به این ترتیب هم با عوارض جانبی کمتری مواجه می‌شدیم و هم چون ابعاد پروتئینی که باید سنتز می‌شد کوچک‌تر بود، امکان تاخوردگی اشتباه آن و عرضه نامناسبش به سیستم ایمنی کمتری شد. نکته مهم دیگر در مورد واکسن نورا، میزان خلوص پروتئین تشکیل دهنده آن است، ما موفق شدیم پروتئین را با خلوص بالای ۹۹ درصد تولید کنیم.
منظور از میزان محافظت چیست؟
یکی از معیارها برای بررسی کارایی واکسن در فاز سوم بالینی علاوه بر میزان آنتی‌بادی تولیدشده در ۱۰۰ درصد خون داوطلبان (تیتراژ آنتی‌بادی)، کارآمدی این آنتی‌بادی‌های تولیدشده در خنثی‌سازی ویروس واقعی است که به آن تست خنثی‌سازی گفته می‌شود. ما نمونه‌ها را در چند نوبت برای شرکت دی‌پی‌زد آلمان که تست خنثی‌سازی واکسن‌های دیگری از جمله فایزر و سینوفارم را نیز برعهده داشت، ارسال و هر بار نتایج بسیار خوبی دریافت کردیم. علاوه بر این نمونه‌ها در داخل کشور نیز به آزمایشگاه‌های مرجع که با ویروس‌های کاذب در آزمایشگاه سطح ایمنی ۲ انجام می‌شود، تکرار شد. با استفاده از تست‌های مبتنی بر روش الایزا که هم نمونه ایرانی و هم نمونه اروپایی و آمریکایی آن را تهیه کرده بودیم، میزان اتصال این آنتی‌بادی‌ها به آنتی‌ژن‌های ویروسی را نیز بررسی کردیم. علاوه بر این تیتراژ آنتی‌بادی با میزان آنتی‌بادی تولیدشده در خون افراد داوطلب علیه آنتی‌ژن انتخابی هم با کیت‌های معتبر خارجی و بومی محاسبه شد. در کنار تمام این آزمون‌ها در طول کارآزمایی بالینی

آزمایشگاه

گلیسمی، شاخصی که دیگر معتبر نیست

محققان دانشگاه زنان تگزاس در بررسی افراد مبتلا به پیش‌دیابت دریافتند، حتی رژیم غذایی یکسان می‌تواند قند خون افراد را بسیار متفاوت از هم، جایه‌جاکند. این یافته که نتیجه بررسی‌های این محققان آمریکایی است و در کنفرانس آنلاین انجمن تغذیه آمریکا مطرح شد، نشان می‌دهد شاخص گلیسمی (GI) که با نام‌های شاخص قندخونی و گلکوهر هم شناخته می‌شود، نمی‌تواند روی پیش‌بینی‌کننده قابل اعتمادی در نشان دادن چگونگی تأثیر مواد غذایی بر مقدار قندخون افراد باشد. ایده ایجاد و استفاده شاخص گلیسمی بسیار ساده است. در واقع تمام مواد خوراکی براساس سرعت‌شان در بالا بردن مقدار گلکوهر خون نمونه‌گذاری می‌شوند. مواد غذایی با شاخص گلیسمی بالاتر از ۷۰، قندخون افراد را بسیار بالا می‌برند اما آن دسته از مواد خوراکی که شاخص گلیسمی ۵۵ یا کمتر دارند، قندخون افراد را آهسته‌با بالا برده و صدمه‌ای به بدن آنها نمی‌زنند. مشکلی که اینجا مطرح است، یکسان نبودن سوخت‌وساز بدن افراد است. در واقع سوخت‌وساز هیچ دو نفری شبیه یکدیگر نیست. به‌طور مثال، محققان سال ۲۰۱۶، ۳۰ نفر را داوطلبان را در آزمایشی تحت رژیم غذایی حاوی نان سفید (با شاخص گلیسمی ۳۵ تا ۱۰۳) قرار دادند. وقتی این آزمایش دو بار تکرار شد، قندخون همان افراد با یکدیگر و حتی بررسی قبلی حدود ۲۰ درصد تفاوت داشت. این تحقیق نشان می‌دهد شاخص گلیسمی حتی در شرایط کاملاً استاندارد قابل تکرار نیست و نتیجه یکسانی به‌دست نمی‌دهد. این بررسی و تحقیقات دیگر نشان می‌دهد، بسیاری از عوامل، مانند آخرین وعده غذایی فرد یا مصرف نان به همراه پروتئین می‌تواند روی مقدار قندخون او اثرگذار باشد. محققان دانشگاه زنان تگزاس در تحقیق جدید خود، افراد مبتلا به پیش‌دیابت را بررسی



نادیا کاللود
مترجم گروه دانش

یکی از شرکت‌های مستقر در پارک علم و فناوری دانشگاه صنعتی شریف، ایده استحصال، فرآوری و تبدیل گیاهان بومی ایران به محصولات ارزشمند، کاربردی و پایه صنایع دارویی، غذایی و آرایشی-بهداشتی را برپایه فناوری کاملاً مدرن اختصاصی خود، طی چند سال گذشته با جدیت دنبال کرده است. شرکت در کنار دستیابی به فناوری پیشرفته فرآوری گیاهان بومی ایران و تولید محصولات مورد نیاز صنایع مختلف داخلی چشم‌انداز صادراتی نیز دارد. / مهر

ایران در زمره تولیدکننده‌های فرآورده‌های گیاهی



ایران در زمره تولیدکننده‌های فرآورده‌های گیاهی



چاپ‌وش هساولندی / جام جم

مکت

اهمیت حمایت از دستاوردهای محققان

با وجود این که واکسن نورا به صورت ۱۰۰ درصدی در کشور تولید شده و نتایج بسیار خوبی از حیث ایمنی‌زایی داشته است، به اندازه سایر واکسن‌ها در مراکز واکسنیاسون عرضه نمی‌شود؛ از دکتر امرانی علت این موضوع را جویا شدیم. وی در پاسخ می‌گوید: «متأسفانه با وجود این که باید عرضه تمام واکسن‌ها در کشور یکنواخت باشد، این اتفاق در عمل نمی‌افتد. وقتی در مراکز واکسنیاسون به مردم اطلاعات کافی در مورد واکسن‌ها ارائه نشود، انتخاب بین واکسن‌ها محدود به آنهایی می‌شود که نام‌شان بیشتر شنیده شده است.» وی می‌افزاید: «ما مشکلی برای تأمین واکسن نداریم، در حال حاضر خط تولید نورا توان تولید پنج میلیون دز واکسن را در ماه دارد. تاکنون نیز پنج میلیون واکسن تولید کرده‌ام که سه میلیون در آن تحویل وزارت بهداشت شده است» دکتر امرانی با اشاره به سطح تیتراژ آنتی‌بادی و محافظت بالایی که در مورد این واکسن به دست آمده، تصریح می‌کند: «این نتایج نشان دهنده این است که به خوبی دانش فنی تولید واکسن‌های نوترکیب در کشور بومی‌سازی شده و حتی امکانات مورد نیاز برای تولید واکسن‌های نوترکیب مختلف مرتبط با سایر بیماری‌ها نیز در شرکت‌های داروسازی به وجود آمده است. اگر مطالبات شرکت‌های واکسن‌سازی از سوی وزارت بهداشت محقق شود، توان توسعه و کاروری واکسن‌های دیگر نیز به وجود خواهد آمد اما اگر شرکت‌ها با سرخوردگی روبه‌رو شوند درآینده در صورتی که مجدداً با بیماری و همه‌گیری جدیدی روبه‌رو شویم، کسی یا در میدان تولید واکسن نخواهد گذاشت.»



تیم‌های پزشکان متخصصی که بر روند کارآزمایی بالینی نظارت داشتند نیز بی‌خطر بودن واکسن، عوارض جانبی احتمالی آن و شرایط دریافت‌کننده را تا شش ماه در گروه‌های داوطلب دنبال کردند تا هرگونه عوارض جانبی بلافاصله تا بلندمدت شناسایی شود.

عوارض جانبی این واکسن چه بوده است؟
در سه مرحله کارآزمایی فقط درد در ناحیه تزریق گزارش شد.
میزان ماندگاری ایمنی‌زایی حاصل از این واکسن چقدر برآورد شده است؟
حدود چهار تا شش ماه که در مورد سایر واکسن‌ها نیز تقریباً مشابه است.
آیا موفق به اخذ مجوز از سازمان بهداشت جهانی برای نوا شده‌اید؟
در دست اقدام است. در حال حاضر به دلیل این که واکسن‌های کووید-۱۹ از اولویت فوری سازمان بهداشت جهانی خارج شده‌اند، روند اخذ مجوز با سرعت کندتری دنبال می‌شود.

مقاله مطالعات پیش‌بالینی و کارآزمایی‌های بالینی نورا منتشر شده است؟ مردم تا چه حد می‌توانند به نتایجی که می‌گوید اطمینان کنند؟
مقاله مطالعات پیش‌بالینی در نشریه مولکول

دانش بنیان

اجرای بیش از ۳۱ پروژه برای ارتقای کیفیت غذا

تلاش برای سالم‌سازی محصولات کشاورزی

در همین راستا هم اقدامات دیگری چون «تولید کود زیستی استرووایت از طریق تصفیه پساب دامداری، شهری و صنعتی»، «تولید صنعتی آفت‌کش گیاهی دایابون» و «کود تخصصی آمینواسیدی استحصال شده از ضایعات کارخانجات صنایع غذایی» برای سالم‌سازی محصولات کشاورزی تعریف شده است تا در مرحله نخست، تولیدات را با استانداردها همراه کنند. تأمین امنیت غذایی از زمین‌ کشاورزی آغاز می‌شود و همه فرآیندهای تولید و توزیع را در برمی‌گیرد و تا سفره‌های مردم ادامه دارد، به همین دلیل فراموش کردن یکی از حلقه‌ها، تأمین این مفهوم را بترو بی‌نتیجه خواهد گذاشت.

بر همین اساس، ستاد طی چند سال اخیر با نگاه ویژه به صنعت دام و طیور برای تأمین امنیت غذایی ۹ طرح ویژه راهم در این زمینه اجرایی کرده است. یکی از پروژه‌های مطرح در این حوزه احیای مرغ لاین است که این کار هم با حمایت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و با تلاش شرکت‌های دانش‌بنیان و خلق با اجرای پنج طرح «تصویب و انعقاد قرارداد طرح‌های پژوهشی و توسعه فناوری»، «پایش پیشرفت طرح‌های پژوهشی»، «تدوین سند تحقیق و توسعه برنامه ملی لاین‌آرین»، «راه‌اندازی و توسعه پلتفرم شبکه تحقیق توسعه مرغ لاین‌آرین» و «کسب برخی دستاوردها و جمع‌آوری اطلاعات سویه آرین از مزارع پرورش» در حال اجرا ست.

دانش

SCIENCE

چهارشنبه ۱۲ مرداد ۱۴۰۱ شماره ۶۲۷۶

زمین گرم

نگاهی به اثر گازهای

گلخانه‌ای در بروز سیلاب



دکتر مهدی رامه‌زانی

عضو هیأت مدیره انجمن
مخاوش‌شناسی ایران

این روزها با مساله سیلاب تابستانی در ایران مواجهیم. از دیدگاه تغییر اقلیم، سیلاب می‌تواند به آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای بیشتر در اتمسفر بیانجامد. گازهای گلخانه‌ای بیشتر هم به سیلاب‌های بیشتر و شدیدتر می‌انجامد. علل‌ها منابع بزرگی از گازهای گلخانه‌ای اکسید نیتروژن (N₂O) و از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان گاز متان (CH₄) هستند. افزایش تعداد و شدت سیلاب به دلیل تغییرات اقلیمی می‌تواند انتشار N₂O را افزایش دهد و علل‌ها را از یک مصرف‌کننده خالص CH₄ به یک منبع تولید و انتشار گاز متان تغییر دهد. بنابراین، برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای حفاظت از پوشش سبز و علل‌ها را در مناطق مستعد سیلاب حیاتی است. سیلاب باعث افزایش انتشار جمعی گاز اکسید نیتروژن N₂O تا ۹۷ برابر و انتشار جمعی گاز متان CH₄ به طور متوسط تا حدود ۲ برابر می‌شود. در شرایط سیلاب، افزایش فراوانی علف با انتشار کمتر N₂O مرتبط است. درحالی که افزایش فراوانی حویات منجر به انتشار بیشتر N₂O می‌شود.



عملکرد گیاهان با تجزیه آهسته‌تر و کانی‌سازی نیتروژن می‌تواند نقش مهمی در کاهش انتشار N₂O در علل‌ها را سبب زده داشته باشد. کربن خنثی (Carbon neutrality) برای دستیابی به انتشار صفر (net zero) دی‌اکسیدکربن می‌تواند با ایجاد تعادل بین انتشار دی‌اکسیدکربن با جبران آن با زودتون انتشار آن از سوی جامعه (انتقال به «اقتصاد پس از کربن») انجام شود. این اصطلاح کربن خنثی در زمینه فرآیندهای آزادسازی دی‌اکسیدکربن در رابطه با حمل و نقل، تولید انرژی، کشاورزی و صنعت استفاده می‌شود. استفاده از اصطلاح «کربن خنثی» در اشاره به ردپای کربن شامل دیگر گازهای گلخانه‌ای نیز می‌شود که معمولاً بر پایه کربن هستند و از نظر معادل دی‌اکسیدکربن اندازه‌گیری می‌شوند. اصطلاح کربن خنثی از نظر اقلیمی شامل گستره‌ای از دیگر گازهای گلخانه‌ای مؤثر در تغییرات اقلیمی است؛ حتی اگر، CO₂ فراوان‌ترین نباشد.

اصطلاح «صفر خالص» به‌طور فزاینده‌ای برای توصیف تعهد گسترده‌تر و بیشتر در مورد کربن‌زدایی و اقدامات آب و هوایی استفاده می‌شود میانگین افزایش دما در مقایسه با سطوح قبل از صنعتی شدن بسیار نزدیک به ۱/۵ درجه است که جامعه علمی بین‌المللی به ما هشدار می‌دهد اگر بخوایم از تحولات فاجعه‌باری مانند تکرار و شدیدتر شدن سیلاب، آتش‌سوزی، طوفان و موج گرما جلوگیری کنیم، حد مجاز ستا و از آن فراتر نباید برود. توجه کنیم که تغییرات اقلیمی احتمال وقوع سیل‌های فاجعه‌بار را تا دو برابر افزایش می‌دهد. انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی بر احتمال وقوع سیل اثر می‌گذارد و سیل‌های شدید از ابتدای دهه ۸۰ میلادی تاکنون در جهان چهار برابر شده است. دلیل آن ممکن است تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر باشد. هوای گرم‌تر به معنای بخار آب بیشتری است که خود یک گاز گلخانه‌ای است و این مشکل را تشدید می‌کند.

آنچه بالا می‌رود، باید بایند پیابید و بخار آب در رویدادهای بارندگی شدید پایین می‌آید. به دلیل گرم شدن گازهای گلخانه‌ای که منجر به ایجاد جوی مرطوب می‌شود، بارندگی‌های شدید افزایش می‌یابد. به این دلیل که بخار آب به‌زای هر درجه سانتیگراد گرم شدن در پایین‌ترین سطح جو تقریباً ۷ درصد افزایش می‌یابد - یا به عبارت ساده‌تر، هوای گرم‌تر به معنای آب گرم‌تر است، که بیشتر آن به شکل بخار در می‌آید. این بخار همچنان به ابرها، قطرات باران و دانه‌های برف تبدیل می‌شود، به همین دلیل است که بخار آب به باران بیشتری می‌شود.