



رویکردهای راهبردی تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به زراعت چوب در اراضی تحت آبیاری با فاضلاب و پساب‌های شهری

آزاده صالحی^{۱*}، عادل جلیلی^۲ و سارا تیموری^۳

مقدمه

محصولات کشاورزی به زراعت چوب در اراضی کشاورزی تحت آبیاری با فاضلاب جنوب تهران انجام شد. طی جلسات متعدد با کشاورزان منطقه، تعدادی از کشاورزان، موافقت و همکاری خود را برای اختصاص اراضی کشاورزی به صنوبرکاری با فاضلاب اعلام کردند و تقریباً ۳۰ هکتار از اراضی کشاورزی جنوب تهران به صنوبرکاری با فاضلاب‌های جاری در منطقه اختصاص یافت. مطالعه برخی از این صنوبرکاری‌ها طی یک دوره پنج‌ساله نشان داد، درختان صنوبر از عملکرد و رشد بسیار خوبی برخوردار بودند، به‌طوری‌که بعد از گذشت پنج سال، میانگین ارتفاع، قطر برابر سینه و متوسط رویش حجمی درختان صنوبر، به‌ترتیب ۱۱/۲۲ متر، ۱۰/۸۹ سانتی‌متر و ۳۳/۸۴ متر مکعب در هکتار در سال بود (صالحی، ۱۴۰۰).

وضعیت منابع آبی کشور و عوامل بروز بحران

ایران به‌دلیل موقعیت جغرافیایی یکی از مناطق کم‌باران جهان و جزو کشورهای خشک و نیمه‌خشک است و متوسط بارندگی آن به حدود یک‌سوم متوسط جهانی است که توزیع همین مقدار بارندگی ناچیز نیز نامتعادل و نامتوازن است. به‌طوری‌که در مقابل میزان بارندگی مطلوب در استان‌های شمالی کشور، در برخی مناطق به‌ویژه بخش‌های شرقی و مرکزی، میزان بارندگی به کمتر از ۴۰ میلی‌متر در سال می‌رسد. بنابراین، تنش در منابع آبی در اغلب مناطق کشور مشهود است. بحران منابع آبی یکی از بزرگ‌ترین مشکلاتی است که در سال‌های اخیر تمام جوانب زندگی را تحت تأثیر قرار داده است. بهره‌برداری‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده آب در مناطق خشک، موجب شده است که سفره‌های آب زیرزمینی با افت کمی و کیفی شدید روبه‌رو شوند. رشد جمعیت و افزایش مصرف آب

توسعه زراعت چوب، به‌عنوان یکی از منابع کلیدی تأمین چوب کشور، نیازمند دسترسی به منابع آبی مناسب است. در ایران روزانه حجم قابل‌توجهی فاضلاب و پساب تولید می‌شود که می‌توان با مدیریت اصولی و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی، از آن‌ها در مصارف مجاز مانند آبیاری فضای سبز، جنگل‌کاری و زراعت چوب بهره‌برد. با توجه به توزیع نامتوازن بارندگی، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و افزایش خشک‌سالی در کشور، تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های مدون برای مدیریت و استفاده بهینه از فاضلاب و پساب‌های شهری به‌عنوان منابع مطمئن آب جایگزین منابع آب شیرین، امری ضروری به‌شمار می‌آید. از سوی دیگر، در دهه‌های اخیر، به‌دلیل کمبود منابع آبی، بخش قابل‌توجهی از اراضی کشاورزی واقع در حاشیه کلان‌شهرها با آب‌های آلوده آبیاری شده است، به‌طوری‌که یکی از منابع مهم آلودگی خاک اراضی کشاورزی کلان‌شهرها، استفاده از فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری به‌منظور آب آبیاری عنوان شده است. آبیاری طولانی‌مدت اراضی کشاورزی با آب آلوده، آلودگی خاک با عوامل بیماری‌زا و فلزات سنگین، کاهش کیفیت خاک و انتقال آلاینده‌ها به زنجیره غذایی موجودات زنده را به‌دنبال خواهد داشت، که پیامد آن در طولانی‌مدت، بروز آثار مخرب و جبران‌ناپذیر بهداشتی، سلامتی و محیط‌زیستی خواهد بود. بنابراین، ضرورت دارد سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های جامع و علمی برای تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به زراعت چوب در اراضی کشاورزی تحت آبیاری با فاضلاب و پساب‌های شهری انجام شود. این فرایند باید به‌صورت متناوب و پیوسته طی چندین سال با پشتیبانی و حمایت نهادهای دولتی، پژوهشی، اجرایی و مردمی اجرا شود (صالحی، ۱۴۰۳). در همین رابطه، در سال ۱۳۹۳ با مشارکت مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، جهاد کشاورزی استان تهران و انجمن صنفی کارفرمایان صنایع چوب و کاغذ ایران، برنامه تغییر الگوی کشت از

*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: az.salehi@riff-ac.ir

۲- استاد پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

نیز از دیگر مواردی است که موجب تشدید بحران آب در ایران شده است (صالحی، ۱۴۰۳). موضوع مهم دیگر مرتبط با بحران منابع آبی، رعایت نکردن استانداردها در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و حتی زندگی شهری است. در حال حاضر، ۶۹ درصد از مصرف آب دنیا مربوط به بخش کشاورزی است، البته در برخی کشورهای در حال توسعه این میزان بیشتر است. برداشت آب در این بخش بیشتر به آبیاری اختصاص داده می‌شود، اما برای دامداری و پرورش آبزیان نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۱۹ درصد از مصرف آب نیز به بخش صنعت اختصاص دارد و ۱۲ درصد باقی‌مانده به مصارف خانگی و شهری می‌رسد. همچنین، استفاده از روش‌های آبیاری غرقابی و جوی-پشته و آبیاری فضای سبز شهری، شست‌وشوی معابر و غیره با آب آشامیدنی، بحران آب را در ایران جدی‌تر کرده است. در صنایع و معادن نیز آب زیادی مصرف و آلوده و در نهایت به‌عنوان آب غیرقابل استفاده از چرخه خارج می‌شود. زمانی که فاضلاب‌های صنعتی بدون اینکه تحت عملیات تصفیه مناسب قرار گیرند، در طبیعت رها شوند، عواقب مخرب و غیرقابل جبرانی به محیط‌زیست وارد می‌شود (سهرابی، ۱۴۰۱). همان‌طور که ذکر شد، برخی از دلایلی که منجر به بحران آب در ایران شده‌اند نظیر شرایط آب‌وهوایی و خشک‌سالی، غیرقابل کنترل هستند، اما در مقابل، برخی موارد دیگر را می‌توان با مدیریت صحیح و استفاده از تکنولوژی‌ها و استانداردهای سازشی تا حد زیادی برطرف نمود.

مدیریت و بهره‌وری فاضلاب و پساب

علاوه بر بحران منابع آبی، مسئله شایان توجه دیگر آلودگی منابع آبی موجود است. اگرچه آلودگی منابع آبی منشأ طبیعی و انسانی دارد ولی آلودگی ایجادشده توسط فعالیت‌های انسان که انواع مختلفی از آب‌های آلوده را تولید می‌کنند، شایع‌تر است. با افزایش صنعتی‌شدن و شهرنشینی، حجم انبوهی از فاضلاب‌ها و پساب‌ها تولید می‌شوند که دفع ایمن و بهره‌وری مناسب از آن‌ها یکی از نگرانی‌های محیط‌زیستی در سرتاسر جهان است. به‌طور کلی، «فاضلاب» آب مصرف‌شده و زایدی است که با توجه به منبع تولیدی آن، ترکیبات متغیری دارد. عوامل عمده فاضلاب علاوه بر آب، مواد جامد، مواد آلی، عناصر غذایی، فلزات سنگین، نمک‌ها و عوامل بیماری‌زاست. بوی بد فاضلاب‌ها نیز اغلب به‌دلیل مواد آلی موجود در آن است. از نظر منبع تولید، فاضلاب‌ها را می‌توان به چهار گروه خانگی، شهری، کشاورزی و صنعتی تقسیم کرد، که فاضلاب‌های شهری بیشتر ممکن است شامل مواد شوینده و عوامل بیماری‌زا باشند، درحالی‌که فاضلاب‌های صنعتی اغلب حاوی آلاینده‌های صنعتی مانند فلزات سنگین هستند. فاضلاب‌ها در تقسیم‌بندی دیگر به فاضلاب خام و تصفیه‌شده دسته‌بندی می‌شوند. زمانی‌که فاضلاب تولیدی در معرض انواع تصفیه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی قرار می‌گیرد، در اصطلاح به آن «پساب» گفته می‌شود. بنابراین، پساب، همان فاضلاب تصفیه‌شده خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب است. در کلان‌شهرها، رواناب‌های سطحی منبع تولید فاضلاب خام شهری و خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب منبع تولید پساب تصفیه‌شده شهری هستند (صالحی، ۱۴۰۱). با توجه به وجود انواع آلودگی‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی

در فاضلاب‌های تولیدی، تخلیه مستقیم آن‌ها به محیط‌زیست به‌ویژه به آب‌های طبیعی از قبیل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها می‌تواند موجب تخریب جدی و شدید کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی شود. وقتی بر اثر نفوذ آب آلوده، منابع آب، خاک و هوا آلوده شوند، گیاهان، موجودات آبی، حیوانات و انسان هم از این آلودگی خسارت می‌بینند و به اشکال مختلف در معرض خطر قرار می‌گیرند. در مقابل، با فرایند تصفیه، فاضلاب تولیدی به پسابی با بار آلودگی کمتر و موارد مصرف بیشتر و ایمن‌تر تبدیل خواهد شد. از این‌رو، اهمیت جمع‌آوری، مدیریت، تصفیه و دفع مناسب فاضلاب‌های تولیدی، روشن است و این موضوع باید در اولویت‌های خدمات شهری و صنعتی قرار گیرد (صالحی، ۱۳۹۹). باز یافت و استفاده دوباره از فاضلاب و پساب‌های تولیدی به‌عنوان آب آبیاری، یکی از راهکارها و فرصت‌های کلیدی برای دفع ایمن و مناسب، کاهش فشار بر منابع آب شیرین و مقابله با بحران منابع آبی مطرح است (Toze, 2006؛ Houda et al., 2016). از سوی دیگر، اغلب فاضلاب و پساب‌های تولیدی به‌ویژه با منشأ خانگی و شهری غیر از تأمین آب و صرفه‌جویی در منابع آبی، به‌دلیل غنی بودن از مواد غذایی به‌عنوان یک منبع کودی نیز به‌حساب می‌آیند (Sharma et al., 2007). در مدیریت و بهره‌وری از فاضلاب و پساب به‌عنوان آب آبیاری، لازم است نکات زیر مورد توجه قرار گیرند (صالحی، ۱۴۰۱).

- مناسب بودن کیفیت فاضلاب و پساب برای آبیاری مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی،
- انتخاب محصولات فاقد خطرات محیط‌زیستی، بهداشتی و سلامتی،
- جلوگیری از ایجاد شرایط غیربهداشتی و بوی بد،
- ضرورت توجه به مسئله سلامتی کارگران و کشاورزانی که با این نوع آب‌ها سروکار دارند،
- ارزیابی و پایش متناوب فاضلاب و پساب، خاک و محصولات تحت آبیاری،
- اتخاذ راهکارهای لازم برای کاهش ابتلا و انتقال انواع بیماری‌های میکروبی، انگلی و ویروسی به انسان و دیگر موجودات زنده،
- رعایت حداقل ضروری بین اراضی متأثر از آبیاری با آب آلوده و مناطق مسکونی،
- جلوگیری از ورود حیوانات اهلی به اراضی آبیاری‌شده با فاضلاب یا پساب.

استفاده از فاضلاب و پساب در بخش کشاورزی

معمولاً فاضلاب‌ها و پساب‌های تولیدی کلان‌شهرها با ریخته‌شدن به رودخانه‌های اصلی و فرعی و کانال‌های آبیاری، به‌طور وسیع در اراضی کشاورزی استفاده می‌شوند. درواقع، اراضی کشاورزی یکی از بزرگ‌ترین

مصرف‌کننده‌های فاضلاب یا پساب‌های تولیدی هستند. طبق آمار سال ۱۳۹۷ سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، ۷۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی و صیفی در جنوب شهر تهران وجود دارد که حدود ۴۰ درصد از آن‌ها با فاضلاب و پساب و ۶۰ درصد از آن‌ها با آب چاه و زیرزمینی سالم آبیاری می‌شوند. در این بین، ۱۵ هزار هکتار از اراضی شهرستان ری، ۱۴ هزار هکتار از اراضی ورامین و یک هزار هکتار از اراضی قرچک متأثر از آبیاری با آب‌های آلوده هستند (بی‌نام، ۱۳۹۷). متأسفانه به دلیل تمرکز بیشتر بر آلودگی هوا، به آلودگی خاک توجه چندانی نشده است، اما واقعیت این است که خاک، بستر حیات است و نباید نگرانی‌های محیط‌زیستی تنها به آلودگی هوا محدود شوند. منابع متعددی مانند صنایع آلاینده کوچک و بزرگ، پالایشگاه‌ها، مراکز دفن زباله و آبیاری با آب‌های آلوده در آلودگی خاک کلان‌شهرها نقش دارند. یکی از عوامل مهم آلودگی خاک اراضی کشاورزی، استفاده از فاضلاب‌های خام آلوده به عنوان آب آبیاری است. به‌طوری‌که آبیاری اراضی کشاورزی با آب‌های آلوده، به دلیل آلودگی خاک با عوامل بیماری‌زا و فلزات سنگین، بدون تردید در طولانی‌مدت تبدیل به یک تهدید محیط‌زیستی خواهد شد. وجود آلاینده‌های زیان‌باری مانند فلزات سنگین در خاک می‌تواند با کاهش کیفیت خاک و انتقال آن‌ها به زنجیره غذایی، در طولانی‌مدت آثار مخربی را به همراه داشته باشد. در سال‌های اخیر، در مطالعات متعدد به موضوع آلودگی خاک اراضی کشاورزی اطراف کلان‌شهرها اشاره شده است (فصیحی، ۱۳۹۳؛ باقری و همکاران، ۱۳۹۶؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج مطالعه انجام‌شده در اراضی کشاورزی تحت کشت صنوبر در جنوب تهران، که سال‌های متمادی متأثر از آبیاری با فاضلاب خام بوده است، نشان داد، با توجه به شاخص بار آلودگی، خاک‌های موردبررسی در گروه خاک‌های آلوده قرار داشتند (صالحی، ۱۴۰۰). بنابراین، استفاده از فاضلاب خام برای آبیاری اراضی کشاورزی به هیچ‌وجه توصیه نمی‌شود. درمورد پساب خروجی تصفیه‌خانه‌ها، نظر به اینکه عملیات تصفیه قادر به نابودی کامل آلاینده‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی نیست، باید از آبیاری سبزیجات، صیفی‌جات و محصولات که به‌طور مستقیم وارد چرخه غذایی انسان می‌شوند، خودداری کرد و درمورد سایر محصولات کشاورزی، ارزیابی متناوب پساب مورد استفاده و رعایت استانداردهای محیط‌زیستی، بهداشتی و سلامتی مورد توجه قرار گیرد.

«زراعت چوب» راهبرد اصلی تأمین منابع سلولزی

اگرچه سهم تخریب جنگل در اثر بهره‌برداری چوب در مقایسه با سایر عوامل تخریب (تبدیل اراضی جنگلی به زمین‌های

کشاورزی، مسکونی، شهری، صنعتی و احداث جاده‌ها) کمتر است، ولی اعتقاد بر این است که شروع بهره‌برداری چوب از جنگل، خاک‌ریز اول تخریب آن محسوب می‌شود. حتی اگر بهره‌برداری چوب از جنگل‌ها علمی و منطبق بر توان اکولوژیکی آن باشد، افزایش تقاضا برای مواد سلولزی، بیشتر از ظرفیت طبیعی تولید جنگل‌هاست. یکی از رویکردهای کلیدی برای کاهش بهره‌برداری از جنگل‌های طبیعی، تمرکز بر توسعه جنگل‌های دست‌کاشت و زراعت چوب به‌منظور تأمین پایدار مواد چوبی است، که در کنار تولید چوب می‌توان به اهداف دیگری مانند منظرسازی، تثبیت تپه‌های شنی، تلطیف هوا و غیره نیز دست پیدا کرد. گونه‌هایی مانند بید، صنوبر و اکالیپتوس، به دلیل رشد سریع و سازگاری با شرایط آب‌وهوایی مختلف، گزینه‌های مناسبی برای زراعت چوب در مناطق مختلف کشور هستند. سوابق ۵۰ ساله ایران در زمینه زراعت چوب نشان داده است، مناطق مختلف کشور ظرفیت مناسبی برای کاشت درختان تندرشد دارند (مدیررحمتی، ۱۳۹۵). صنوبر به‌عنوان یک گونه درختی تندرشد، از دیرباز در اغلب مناطق ایران به‌عنوان منبع اصلی تأمین چوب و مواد اولیه برای بسیاری از صنایع کشور کشت شده است. براساس آمار و ارقام موجود، میزان تولید سالانه درختان صنوبر می‌تواند بیش از سه برابر تولید جنگل‌های تجاری شمال کشور باشد (بزرگمهر و همکاران، ۱۳۹۸). این درختان در تأمین مواد اولیه چوبی صنایع کاغذسازی، تخته‌خردچوب، ام‌دی‌اف، روکش، کبریت، میز و صندلی و جعبه‌سازی نقش مهمی دارند. برای تولیدات غیرچوبی و خدمات محیطی این درختان نیز گزارش‌های متعددی وجود دارد (اسدی، ۱۳۹۸). در کل، اراضی مستعد کشور از نظر امکان توسعه زراعت چوب، بیشتر در اراضی جلگه‌ای شمال و مناطق غرب و شمال غرب کشور واقع شده است. همچنین، مناطق جنوبی کشور نیز می‌توانند به کاشت صنوبر پده و اکالیپتوس اختصاص یابند (کلاگری و همکاران، ۱۴۰۱).

برای اجرایی‌کردن توسعه زراعت چوب در تأمین مواد سلولزی موردنیاز، لازم است افزایش تولید در واحد سطح از طریق استفاده از ارقام پرمحصول، اعمال روش‌های به‌زراعی و استفاده از سیستم‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت برای تولید بیشتر و کوتاه کردن دوره برگشت سرمایه موردتوجه ویژه تصمیم‌گیران این بخش اقتصادی قرار گیرد. با هدف دسترسی به ارقام پرمحصول، نتیجه بیش از ۵۰ سال فعالیت پژوهشگران در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و ایستگاه‌های تحقیقاتی وابسته، معرفی ارقام و کلن‌های متعدد، پرمحصول و سازگار صنوبر برای مناطق مختلف کشور در راستای افزایش تولید در واحد سطح بوده است که با جایگزین کردن ارقام سنتی با ارقام معرفی‌شده، زمینه تحول تولید مواد سلولزی موردنیاز صنایع چوب و کاغذ کشور می‌تواند تا حدودی فراهم شود (جلیلی، ۱۳۸۶).

زراعت چوب در اراضی کشاورزی تحت آبیاری با فاضلاب و پساب

درختان تندرشد نیاز آبی زیادی دارند، به‌طوری‌که برای دستیابی به رشد مطلوب، نیاز آبی این درختان باید با حجم مناسب و کافی تأمین



شود. با توجه به اهمیت آب در زراعت چوب و بحران شدید منابع آبی، پذیرش رویکرد استفاده از فاضلاب یا پساب‌های شهری در زراعت چوب با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی انکارناپذیر است. از سوی دیگر، متأسفانه اگرچه در سال‌های اخیر تمهیداتی برای منع استفاده از فاضلاب و پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی اتخاذ شده، اما همچنان بخش وسیعی از اراضی کشاورزی کلان‌شهرها متأثر از آبیاری با آب‌های آلوده است. بنابراین، با توجه به عواقب جبران‌ناپذیر استفاده از فاضلاب یا پساب‌های شهری در اراضی کشاورزی، یکی از گزینه‌های مهم برای کاشت در اراضی متأثر از آب‌های آلوده، درختان تندرشد چوب‌ده با هدف زراعت چوب است، این درختان در صورت آلودگی خاک، می‌توانند از طریق فرایند گیاه‌پالایی سهم بسزایی در کاهش آلاینده‌های خاک داشته باشند. به‌طوری‌که تحقیقات نشان داده‌اند، در بین گونه‌های درختی، گونه‌های متعلق به خانواده بیدیان (Salicaceae) از قبیل صنوبرها و بیدها، گزینه‌های ایده‌آلی برای گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین هستند (Mleczek et al., 2015; Goliński et al., 2019; Mataruga et al., 2020). درواقع، با توجه به ماهیت دوگانه فاضلاب و پساب شامل نقش مثبت آن‌ها به‌عنوان منبع تأمین آب و منبع کودی و نقش منفی آن‌ها به‌عنوان یک آلاینده، بازیافت آن‌ها در زراعت چوب از چند جنبه می‌تواند سودمند باشد:

- (۱) جلوگیری از ورود آلودگی‌های میکروبی و فلزی به زنجیره غذایی انسان و کاهش پیامدهای ناشی از بی‌توجهی به سلامت عمومی جامعه،
- (۲) توسعه زراعت چوب و تأمین بخشی از نیاز چوبی کشور،
- (۳) افزایش تولید زی‌توده گیاهی با توجه به بالا بودن سطح عناصر غذایی در آب‌های نامتعارف،
- (۴) جذب فلزات سنگین مضر از خاک توسط سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته حاصل از درخت‌کاری که می‌تواند کاهش آلاینده‌های خاک را به‌دنبال داشته باشد،
- (۵) استفاده از کارکردهای زیست‌محیطی درختان
- و (۶) مدیریت فاضلاب و پساب‌های تولیدی و جلوگیری از مصرف آن‌ها در بخش کشاورزی (صالحی، ۱۳۹۹).

گام‌های اجرایی برای تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به زراعت چوب در اراضی تحت آبیاری با فاضلاب و پساب

الف) تعیین مساحت و مکان‌یابی اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب‌های آلوده

اولین گام برای تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به زراعت چوب در اراضی متأثر از آب‌های آلوده، اطلاع از وضعیت کلی کشاورزی در منطقه موردنظر است. بدین‌منظور، لازم است داده‌های علمی و مدونی درمورد سطح اراضی کشاورزی، موقعیت قرارگیری آن‌ها در منطقه، نوع محصولات تحت کشت، نوع آب و سیستم آبیاری مورد استفاده در اراضی کشاورزی جمع‌آوری شود. این اطلاعات می‌تواند با مراجعه به اداره‌های زیرمجموعه وزارت جهاد کشاورزی

در هر استان و با مکاتبات اداری به دست آید. با کسب این اطلاعات می‌توان مساحت اراضی کشاورزی متأثر از آبیاری با آب‌های آلوده در منطقه را به‌طور دقیق تعیین کرد. در مرحله بعد لازم است با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده، اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب‌های آلوده در منطقه موردنظر، مکان‌یابی و نقشه آن‌ها تهیه شود. از آنجایی‌که مطالعات منتشرشده‌ای در زمینه تعیین مساحت و مکان‌یابی اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب‌های آلوده در کلان‌شهرها موجود نیست، ضرورت دارد این ارزیابی برای مناطق مختلف کشور براساس داده‌های میدانی و علمی دقیق انجام شود.

ب) بررسی کمیت و کیفیت فاضلاب و پساب‌های تولیدی کلان‌شهرها و موارد تخصیص آن‌ها

دومین گام برای تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به زراعت چوب در اراضی تحت آبیاری با آب‌های آلوده، اطلاع از کمیت، کیفیت و موارد تخصیص آب‌های آلوده تولیدی در منطقه موردنظر است. اولین مرحله کسب این اطلاعات، مراجعه به شرکت‌های آب منطقه‌ای و آب و فاضلاب به‌منظور کسب داده‌های علمی و مدون از میزان رواناب‌های سطحی (فاضلاب خام) و پساب‌های تولیدی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، تهیه داده‌های لازم برای تعیین مسیر دقیق کانال‌های جمع‌آوری فاضلاب یا پساب از مبدأ تا مقصد به‌منظور تعیین اراضی که به این آب‌های آلوده دسترسی خواهند داشت و درنهایت، تعیین موارد تخصیص و استفاده فاضلاب یا پساب جاری در منطقه است. در مرحله بعد، براساس اطلاعات کسب‌شده، لازم است مسیر کانال‌های جمع‌آوری فاضلاب یا پساب روی نقشه منطقه موردنظر مکان‌یابی شود. پس از تعیین حجم فاضلاب یا پساب تولیدی، مسئله‌ای که باید موردتوجه قرار گیرد، موارد تخصیص آن برای مصارف مختلف است. در حال حاضر مهم‌ترین موارد تخصیص فاضلاب و پساب‌های تولیدی کلان‌شهرها، آبیاری فضای سبز، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، مهار کانون‌های گردوغبار، تغذیه دریاچه‌ها و تالاب‌ها، استفاده در صنعت، یا به‌عنوان حقایقه کشاورزی است (تیموری، ۱۳۹۹). قسمتی از فاضلاب و پساب تولیدی در برخی کلان‌شهرها نیز در حال حاضر تخصیص خاصی ندارند و به محیط‌های طبیعی مانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها ریخته می‌شوند. این رهاسازی در محیط‌های طبیعی علاوه‌بر ایجاد منظره ناخوشایند و بوی نامطبوع، به بوم‌سازگان و حیات‌وحش منطقه آسیب می‌زند. براساس نتایج منتشرشده، سالانه تقریباً ۳۶۳ میلیون مترمکعب فاضلاب خام از طریق رواناب‌های سطحی و ۲۴۶ میلیون مترمکعب پساب تصفیه‌شده از بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه فاضلاب در کلان‌شهر تهران تولید می‌شود که بخش زیادی از این آب‌های نامتعارف در اراضی کشاورزی جنوب این شهر استفاده می‌شوند (جلیلی، ۱۴۰۰). دبی خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب در مشهد، تقریباً ۱۶/۵ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است که این پساب پس از تخلیه به رودخانه کشف‌رود، برای آبیاری اراضی کشاورزی شرق این کلان‌شهر استفاده می‌شود. پساب تولیدی در تصفیه‌خانه فاضلاب شمال کلان‌شهر اصفهان با دبی خروجی ۷۳ میلیون مترمکعب در سال به مصارف کشاورزی

می‌رسد. دبی خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب کلان‌شهر کرج نیز تقریباً ۳۲ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است که بخش زیادی از آن در اراضی کشاورزی استفاده می‌شود. همچنین، در کلان‌شهر شیراز از ۵۶ میلیون مترمکعب پساب تصفیه‌شده در تصفیه‌خانه بزرگ فاضلاب این شهر تقریباً ۵۰ میلیون مترمکعب از آن به آبیاری اراضی کشاورزی اختصاص می‌یابد (تیموری، ۱۳۹۹). بنابراین، پس از استعلام‌های لازم می‌توان برای فاضلاب و پساب موردتخصیص کشاورزی، یا مواردی که هنوز برنامه‌ریزی نشده است، برنامه‌ریزی‌های لازم را با هدف توسعه زراعت چوب انجام داد.

علاوه بر تعیین مقدار فاضلاب یا پساب و موارد تخصیص آن، ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی این آب‌های آلوده نیز باید به‌منظور مطابقت با استانداردهای ملی و بین‌المللی برای مصرف به‌عنوان آب آبیاری موردتوجه قرار گیرد. برای تعیین خصوصیات کیفی فاضلاب یا پساب می‌توان از سه طریق

(۱) مرور منابع گذشته به‌منظور استفاده از نتایج مطالعات و پژوهش‌های منتشرشده در این زمینه،

(۲) تهیه داده از شرکت‌های آب منطقه‌ای و آب و فاضلاب، یا شرکت‌های مشاوره‌ای فعال در این زمینه

و (۳) بررسی میدانی منطقه موردنظر و گرفتن نمونه‌های کافی از فاضلاب و پساب در طول مسیر و تعیین خصوصیات آن در آزمایشگاه، بهره‌برد.

به‌طور مثال، کیفیت آب‌های آلوده جاری در اراضی کشاورزی جنوب شهر تهران به‌عنوان قطب اصلی تولید سبزی و صیفی منطقه، از گذشته‌های دور همواره موردتوجه پژوهشگران و کارشناسان بوده و کم‌وبیش مطالعاتی روی آن‌ها انجام شده است. یزدان‌بخش و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی مشخصه‌های کیفی رواناب سطحی کانال فیروزآباد شهر تهران برای مصارف آبیاری نشان دادند، این آب از نظر کیفیت شیمیایی در رده متوسط قرار دارد و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده درمورد محدودیت‌های فیزیکی و خطرات بهداشتی مرتبط با خصوصیات میکروبی و برخی از

فلزات سنگین مانند نیکل، استفاده مستقیم از این رواناب را در آبیاری اراضی کشاورزی توصیه نکردند. در مطالعه اخیر دیگری، فاضلاب خام مورداستفاده (که از رواناب‌های جاری در کانال‌های سرخه‌حصار و فیروزآباد تغذیه می‌شدند) در صنوبرکاری‌های جنوب شهر تهران در فصول مختلف سال بررسی و با استانداردهای FAO، EPA و سازمان محیط‌زیست ایران مقایسه شد. نتایج نشان داد، به‌طورکلی این آب از نظر EC، pH، غلظت عناصر غذایی و فلزات سنگین در محدوده مجاز آب آبیاری است، اما همان‌طور که در مطالعات متعدد نیز بیان شده است این آب از نظر بهداشتی برای آبیاری محصولات مورد مصرف مستقیم انسان، به‌ویژه سبزیجات و صیفی‌جات به‌هیچ‌وجه توصیه نمی‌شود. از سوی دیگر، بازدید میدانی اراضی کشاورزی تحت آبیاری با این فاضلاب خام نشان داد، فاضلاب کارگاه‌های متعددی به‌صورت موردی به کانال‌های آبیاری وارد می‌شود (شکل ۱)، که به‌گفته ساکنان منطقه، میزان ورودی این فاضلاب‌ها در برخی از ساعات شبانه‌روز بسیار زیاد است. نمونه‌برداری از یکی از این فاضلاب‌های کارگاهی و تعیین غلظت فلزات سنگین موجود در آن در پروژه یادشده نشان داد، غلظت فلزات سنگینی مانند آرسنیک، کروم، لیتیوم، مولیبدن، نیکل، ربیدیم، آنتیموان و استرانسیم و عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و سولفور در آن بسیار بالا بود. بنابراین، حجم زیادی از این عناصر در برخی از ساعات شبانه‌روز می‌تواند به‌همراه آب آبیاری، وارد اراضی کشاورزی و محصولات تحت کشت شود (صالحی، ۱۴۰۰).

ج) ظرفیت‌سنجی و مکان‌یابی اراضی مناسب زراعت چوب با فاضلاب و پساب

با توجه به اینکه گونه‌های درختی تندرشد به‌ویژه صنوبرها نسبت به ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک حساسیت زیادی ندارند و خاکی با شرایط نرمال از نظر اسیدیته و شوری برای کشت‌وکار با این گونه‌ها کفایت می‌کند، بی‌شک، کلیه اراضی کشاورزی مناسب زراعت چوب هستند. اما به‌طورکلی در این مرحله لازم است همه اراضی



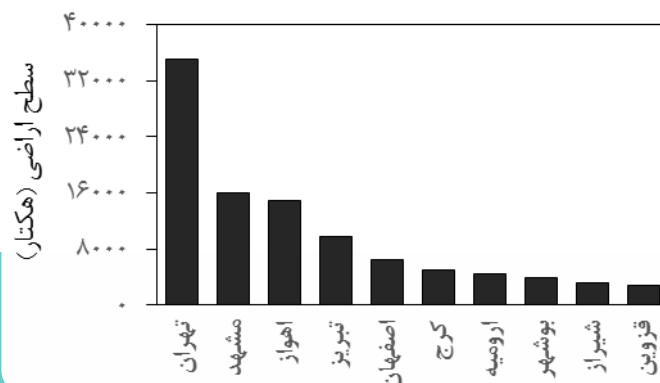
شکل ۱- ورود فاضلاب کارگاهی به کانال آبیاری در اراضی کشاورزی جنوب شهر تهران



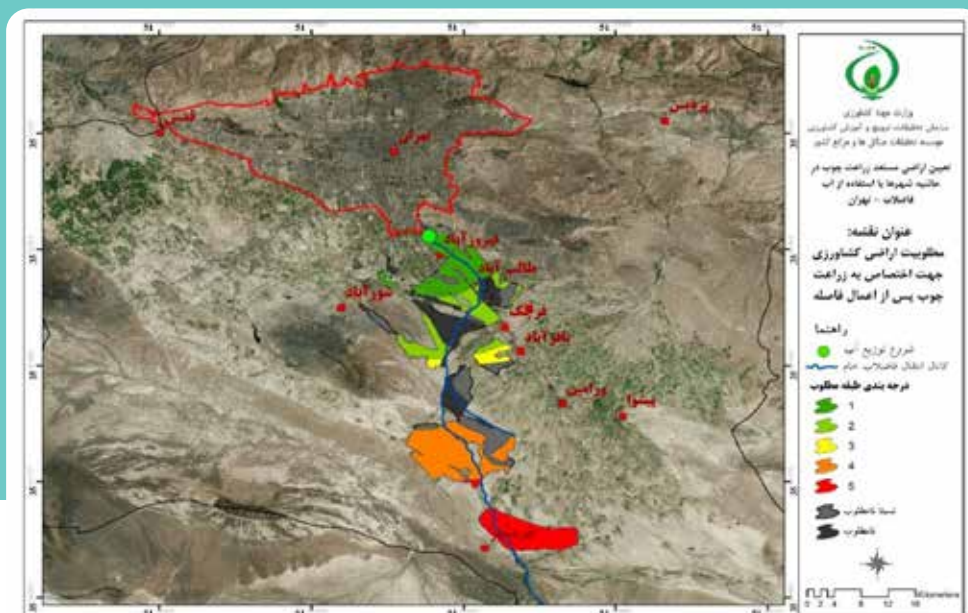
می‌توان از روش‌های مختلف مدل‌سازی از جمله شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرد. در این روش، اراضی تحت کشت صنوبر به‌عنوان مناطق آموزشی در طراحی مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شوند و با توجه به خروجی مدل، اراضی استخراج‌شده از نظر ظرفیت اکولوژیکی و میزان دسترسی و دوری و نزدیکی به کانال انتقال فاضلاب و تصفیه‌خانه اولویت‌بندی می‌شوند.

براساس پروژه ملی انجام‌شده در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، اراضی مستعد زراعت چوب با آب‌های آلوده در اطراف بسیاری از کلان‌شهرها با توجه به عوامل اکولوژیکی و میزان دسترسی به آب آلوده ظرفیت‌سنجی و مکان‌یابی شد. نتایج این پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین سطح در کلان‌شهر تهران و کمترین سطح در کلان‌شهر قزوین برای توسعه زراعت چوب در اراضی متأثر از فاضلاب و پساب وجود دارد. شایان ذکر است، مساحت‌های استخراج‌شده با توجه به بحث مالکیت، باید بهینه و واقعی شوند. شکل ۳ نیز نقشه مطلوبیت و اولویت‌بندی اراضی مستعد زراعت چوب با آب‌های آلوده را در اطراف کلان‌شهر تهران

مستعد زراعت چوب با فاضلاب و پساب در منطقه موردنظر، ظرفیت‌سنجی، تعیین مساحت و درنهایت روی نقشه، مکان‌یابی شوند تا بتوان دیدگاه درستی را از توسعه زراعت چوب در منطقه به دست آورد. برای تعیین اراضی مستعد زراعت چوب با آب‌های نامتعارف، لازم است عوامل مؤثر بر توسعه زراعت چوب موردتوجه قرار گیرد. این عوامل در چهار گروه عوامل توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع)، اقلیمی (بارندگی، درجه حرارت و اثر باد شامل تلفیقی از جهت و سرعت باد)، انسانی (کاربری اراضی و پوشش گیاهی) و ادافیکی (ژئولوژی و نوع خاک) خلاصه می‌شود. بنابراین، نیاز است وضعیت اراضی قابل‌کشت منطقه موردنظر، از نظر فاکتورهای ذکرشده، نوع مالکیت، فاصله و میزان دسترسی به آب‌های آلوده مشخص شود. پس از گردآوری اطلاعات اولیه و پردازش آن‌ها، مکان‌یابی اراضی مستعد از طریق ادغام نقشه‌های مربوط به لایه‌های شیب، ارتفاع، قابلیت اراضی، کاربری اراضی، خاک‌شناسی و میزان دسترسی به کانال فاضلاب یا پساب انجام می‌شود. درنهایت، به‌منظور اولویت‌بندی اراضی مستعد زراعت چوب با آب‌های آلوده،



شکل ۲- اراضی مستعد توسعه زراعت چوب با فاضلاب و پساب در کلان‌شهرها



شکل ۳- نقشه اراضی مستعد زراعت چوب با آب‌های آلوده در کلان‌شهر تهران

نشان می‌دهد (تیموری، ۱۳۹۹).

د) تعیین گونه‌های درختی تندرشد منطبق با شرایط اقلیمی منطقه و مناسب برای زراعت چوب با فاضلاب و پساب همراه با برآورد نیاز آبی

در گام سوم، لازم است با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه و ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های درختی، گونه‌های مناسب برای زراعت چوب با فاضلاب و پساب تعیین شوند. در مرحله اول با توجه به آبیاری با آب آلوده، باید گونه‌های درختی انتخاب شوند که برای این نوع آبیاری سازگار (از نظر ترکیبات و عناصر موجود در این نوع آب‌ها) و مناسب (از نظر مسائل محیط‌زیستی و بهداشتی) باشند. از آنجایی که در این مقاله تأکید بر فاضلاب و پساب تصفیه‌شده شهری است، این نوع آب‌های آلوده اغلب فاقد ترکیبات مضر و آسیب‌زننده به رشدونمو گونه‌های درختی هستند و با توجه به نتایج تحقیقات انجام‌شده در این زمینه حتی به دلیل عناصر غذایی موجود در این نوع آب‌ها، شرایط رویشی مناسبی برای گونه‌های درختی فراهم می‌شود. در مقابل، فاضلاب یا پساب‌های صنعتی به دلیل داشتن فلزات سنگین، شوری، یا اسیدیته بالا می‌توانند به استقرار و رشد گونه‌های درختی آسیب وارد کنند. در همین رابطه، نتایج تحقیقات پیشین نشان داده‌اند،

گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر و بید از سازگاری خوبی برای آبیاری با این آب‌های آلوده برخوردار هستند، به‌طوری‌که عملکرد رشد در نهال‌ها و درختان تحت آبیاری با فاضلاب، یا پساب به‌طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری با آب معمولی بود و بررسی ظرفیت گیاه‌پالایی نهال‌ها و درختان نیز نشان داد، این گونه‌های درختی با جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین و تجمع آن‌ها در اندام‌های مختلف گیاهی، می‌توانند نقش مهمی در کاهش آلاینده‌های خاک ایفا نمایند (صالحی، ۱۳۹۹b؛ صالحی، ۱۴۰۰؛ و همکاران، ۱۴۰۱؛ Salehi et al., 2023). از سوی دیگر، از آنجایی که گونه‌های درختی چوب‌ده، ارتباط مستقیمی با زنجیره غذایی موجودات زنده ندارند، نگرانی‌های محیط‌زیستی و بهداشتی استفاده از آب‌های آلوده در کشت‌وکار آن‌ها نیز بسیار کمتر خواهد بود. شکل ۴ توده صنوبر سه‌ساله آبیاری‌شده با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شهر تهران را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، بعد از گذشت سه سال درختان صنوبر کبوده به قطر و ارتفاع قابل‌توجهی رسیده‌اند.

در مرحله دوم این گام، نیاز است که گونه درختی متناسب با شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه و ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های درختی تعیین شود. مطالعات و پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه زراعت



شکل ۴- توده صنوبر کبوده سه‌ساله آبیاری‌شده با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شهر تهران



چوب نشان داده است، مناطق مختلف کشور از ظرفیت مناسبی برای کاشت درختان تندرشد برخوردارند. در کل: برای اراضی جلگه‌ای شمال کشور، کلن‌های با توان تولید بالای گونه‌های صنوبر اورامریکن (*P. euramerica*) و دلتوئیدس (*P. deltoides*)، برای مناطق نیمه‌خشک کشور، کلن‌های با توان تولید بالای تبریزی (*P. nigra*) و کبوده (*P. alba*) و برای مناطق جنوبی کشور، پده (*P. euphratica*) و گونه‌های سازگار و پربازده اکالیپتوس (*Eucalyptus* sp.)، توصیه می‌شود.

پس از تعیین گونه درختی تندرشد مناسب، لازم است نیاز آبی گونه براساس سرشت اکولوژیکی آن و شرایط اقلیمی منطقه و توجه به فاکتورهای میزان بارش و تبخیر و تعرق در فصل رویش تعیین شود. برای به‌دست‌آوردن نیاز آبی گونه درختی موردنظر می‌توان با مرور منابع، از نتایج پژوهش‌های منتشرشده در این زمینه با به‌روزرسانی و بهینه‌کردن داده‌ها براساس شرایط اقلیمی منطقه بهره برد. برای نمونه، براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های انجام‌شده در بخش تحقیقات صنوبر مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، برای رسیدن به تولید در هکتار حداکثری صنوبرهای تبریزی و کبوده در مناطق نیمه‌خشک کشور، لازم است نیاز آبی درختان را بین ۱۴ تا ۱۸ هزار مترمکعب در هکتار در سال با توجه به شرایط اقلیمی منطقه در نظر گرفت.

ه) برقراری ارتباط و تعامل مؤثر با نهادهای دولتی مرتبط و تأثیرگذار پس از طی مراحل چهارگانه ذکرشده و به‌دست‌آوردن داده‌های علمی و مدون از مساحت اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب‌های آلوده، کمیت و کیفیت فاضلاب و پساب‌های تولیدی و موارد تخصیص آن‌ها، مکان‌یابی اراضی مناسب زراعت چوب و تعیین گونه‌های مناسب زراعت چوب در منطقه موردنظر، لازم است بخش‌های دولتی مرتبط و تأثیرگذار شامل اداره‌های مرتبط با وزارت جهاد کشاورزی (اداره منابع طبیعی، اداره جهاد کشاورزی و اداره محیط‌زیست)، وزارت نیرو (شرکت‌های آب منطقه‌ای و آب و فاضلاب)، وزارت بهداشت (اداره‌های مرتبط با بهداشت محیط‌زیست و بهداشت و سلامت عمومی جامعه)، شهرداری و فرمانداری طی نامه‌های رسمی در جریان اطلاعات به‌دست‌آمده و همکاری‌هایی که می‌توانند در زمینه توسعه زراعت چوب در اراضی کشاورزی متأثر از آب‌های آلوده نمایند، قرار گیرند. درواقع، اداره‌های زیرمجموعه وزارت جهاد کشاورزی به‌دلیل ارتباط با کشاورزان و نظارت بر اراضی کشاورزی و مسائل محیط‌زیستی ناشی از استفاده از فاضلاب و پساب آلوده برای آبیاری محصولات کشاورزی، اداره‌های زیرمجموعه وزارت نیرو با تخصیص فاضلاب و پساب‌های تولیدی به زراعت چوب، اداره‌های زیرمجموعه وزارت بهداشت با همکاری در زمینه آگاه‌سازی از عواقب و هزینه‌های گزاف ناشی از بی‌توجهی به بهداشت و سلامت عمومی در صورت استمرار در آبیاری اراضی کشاورزی با آب‌های آلوده و

شهرداری و فرمانداری منطقه نیز با ایجاد بستر و تسهیلات مناسب برای تسریع در امور مربوط می‌توانند همکاری‌های لازم را در این زمینه انجام دهند.

و) تقویت مشارکت‌های مردمی و حمایت کشاورزان از طریق ایجاد انگیزه‌های اقتصادی

یکی از ویژگی‌های بارز صنوبرکاری، نقش جدی مردم و سرمایه‌گذاری در این ارتباط است. درواقع، از آنجایی‌که قسمت اعظم اراضی کشاورزی تحت مالکیت خصوصی است، سهم زیادی از موفقیت طرح تغییر الگوی کشت در اراضی کشاورزی متأثر از آبیاری با آب‌های آلوده به مشارکت‌های مردمی وابسته است. اما چطور می‌توان از مشارکت‌های مردمی در این زمینه استفاده کرد؟ برای بهره‌گیری از مشارکت‌های مردمی در وهله اول نیاز است با هماهنگی اداره جهاد کشاورزی منطقه با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از گام اول (تعیین مساحت و مکان‌یابی اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب‌های آلوده) فهرستی از کشاورزان اراضی تحت آبیاری با آب‌های آلوده تهیه شود و در مرحله بعد، کلاس‌های ترویجی و توجیهی با موضوعات ویژگی‌های فاضلاب و پساب و نگرانی‌های زیست‌محیطی استفاده از آن‌ها برای محصولات کشاورزی، زراعت چوب و اهمیت توسعه آن با آب‌های آلوده و آگاه‌سازی در زمینه عواقب و خطرات بهداشتی و سلامت عمومی ناشی از مصرف محصولات آلوده، برگزار شود تا ذهن کشاورزان برای پذیرش این موضوع و همکاری در این زمینه آماده شود. از اساسی‌ترین مشکلات صنوبرکاری، دیربازده بودن سرمایه در این بخش در مقایسه با بازدهی سریع سرمایه در بخش کشاورزی است که می‌تواند موجب کاهش انگیزه کشاورزان شود. بنابراین، با توجه به اینکه درآمد و امرار معاش کشاورزان از اراضی کشاورزی است و در مقابل زراعت چوب فرایندی زمان‌بر است و تقریباً کشاورز باید یک دوره ۶ تا ۸ ساله را برای فروش محصولات خود سپری کند، برای تقویت مشارکت‌های مردمی نیاز است کشاورزان را با دادن تسهیلاتی مانند تأمین نهاده‌ها (نهال درختی رایگان، کود)، وام‌های کم‌بهره بلندمدت، بیمه، نظارت و راهنمایی‌های لازم در عملیات کاشت، داشت و برداشت عرصه، جلب اعتماد و اطمینان آنها از فروش چوب، یا حتی پیش‌خرید چوب تولیدی آنها با همکاری کارخانجات و کارگاه‌های صنایع چوب و کاغذ، برای انجام این کار ترغیب کرد. درواقع، مهم‌ترین فعالیتی که برای این مرحله باید انجام شود، اقتصادی کردن زراعت چوب در اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب‌های آلوده نسبت به کشت محصولات کشاورزی برای کشاورز است تا مالک زمین با رغبت کامل بتواند همکاری‌های لازم را به‌صورت متناوب در این زمینه انجام دهد.

ز) ایجاد مزارع نمایشی زراعت چوب در اراضی کشاورزی در ادامه تقویت و تشویق مشارکت‌های مردمی، ایجاد مزارع نمایشی زراعت چوب در اراضی کشاورزی متأثر از آب‌های آلوده

پژوهشی، اجرایی و صنعتی برای توسعه و ترویج تغییر الگوی کشت در اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب‌های آلوده بدون تردید و از آنجایی که موضوع تغییر الگوی کشت در اراضی کشاورزی متأثر از آب‌های آلوده از یک سو به طور مستقیم با معیشت کشاورزان، که اغلب جزو اقشار کم‌درآمد جامعه هستند، سروکار دارد و از سوی دیگر فرایندی زمان‌بر است، بنابراین نیاز است طی چندین سال متوالی با ممارست و پیگیری‌های لازم و جدی، آگاه‌سازی گسترده در سطح جامعه، انجام، همکاری و مشارکت فراگیر بین سازمان‌های ذی‌ربط شامل سازمان‌های دولتی، پژوهشی، اجرایی و صنعتی، ایجاد و موانع اقتصادی و اجتماعی، رفع شود. به‌طور کلی، وظایف سازمان‌های مختلف می‌تواند در موارد زیر خلاصه شود (صالحی، ۱۴۰۳):

- در اولین و مهم‌ترین قدم، نیاز است این موضوع در سطح کلان موردپذیرش قرار گیرد و در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان‌کشوری دیده شود و حمایت‌های مادی و معنوی لازم از سوی دولت برای اجراشدن این موضوع در عمل انجام شود.

- بخش پژوهش موظف است با ارائه داده‌های علمی از نتایج

با همکاری کشاورزان علاقه‌مند و فعال در این زمینه ضروری است. ایجاد پایلوت‌های نمایشی زراعت چوب از چندین جهت شامل:

(۱) آمادگی بصری کشاورزان برای تغییر الگوی کشت در اراضی متأثر از آب‌های آلوده،

(۲) ایجاد پایلوت‌های نمایشی برای بازدید قشرهای مختلف،

(۳) ترویج واقعی موضوع در سطح منطقه،

(۴) ایجاد مشاهدات عینی از نتایج و کارکردهای توسعه زراعت چوب در اراضی کشاورزی متأثر از آب‌های آلوده

و (۵) فراهم‌شدن زمینه‌ای برای انجام مطالعات پژوهشی در این زمینه،

سودمند خواهد بود.

شکل ۵- مزرعه نمایشی زراعت چوب را در اراضی کشاورزی جنوب شهر تهران نشان می‌دهد. در این اراضی، در کنار صنوبرکاری، ذرت علوفه‌ای، کشت شده و با فاضلاب خام آلوده جاری در منطقه آبیاری شده است، این ذرت در نهایت خوراک دام می‌شود.

ح) ایجاد همکاری و مشارکت فراگیر بین سازمان‌های دولتی،



شکل ۵- مزرعه نمایشی زراعت چوب در اراضی کشاورزی جنوب شهر تهران



اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی حاصل از توسعه زراعت چوب در اراضی تحت آبیاری با آب‌های آلوده و عواقب و هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از بی‌توجهی به این مسئله و مشارکت و همکاری کامل در کلیه مراحل کاشت، داشت و برداشت و ارائه نظرات کارشناسی در این زمینه، سازمان‌های دولتی و اجرایی را برای هم‌سویی و همکاری در این رابطه ترغیب نماید.

- نیاز است، بخش پژوهش و اجرا با همکاری یکدیگر با ایجاد مزارع نمایشی و ترویجی از گونه‌های تندرشد چوب‌ده در اراضی متأثر از آب‌های آلوده، زمینه را برای پذیرش این موضوع در سطح جامعه فراهم نمایند.

- ضروری است، سازمان‌های اجرایی با تکیه و اعتماد بر اطلاعات، تجربیات و نظرات کارشناسی بخش پژوهش، شرایط اجرایی شدن تغییر الگوی کشت را در اراضی کشاورزی متأثر از آب‌های آلوده فراهم نمایند.

- نیاز است، واحدهای صنعتی چوب و کاغذ با فراهم کردن شرایطی مانند پیش‌خرید درختان صنوبر سرپا، یا تضمین خرید چوب از کشاورزان به‌منظور جلب اعتماد و اطمینان آن‌ها از نظر اقتصادی همکاری‌های لازم را در این زمینه انجام دهند.

سخن آخر

کمبود منابع آبی در بیشتر کلان‌شهرهای ایران، بحران امروز و تهدیدی جدی برای آینده است. از سوی دیگر، روزانه حجم وسیعی از پساب‌های خانگی، شهری و صنعتی تولید می‌شود که منطقی‌ترین راه، جمع‌آوری، مدیریت و استفاده از آن‌ها در موارد مجاز محیط‌زیستی است. متأسفانه در دهه‌های اخیر در نقاط مختلف کشور، بخش وسیعی از آب‌های آلوده به‌منظور آبیاری اراضی کشاورزی استفاده شده است. با توجه به احتمال انتقال آلودگی‌های میکروبی و فلزی به زنجیره غذایی انسان، تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به محصولاتی که وارد زنجیره غذایی انسان نمی‌شوند، بدیهی است. با توجه به اهمیت آب در صنوبرکاری از یک سو و محدودیت شدید منابع آب سطحی و زیرزمینی در بیشتر کلان‌شهرها از سوی دیگر، پذیرش رویکرد استفاده از فاضلاب و پساب‌های تولیدی برای توسعه زراعت چوب می‌تواند ضمن تولید چوب در سطوح وسیعی از اراضی با ظرفیت توسعه زراعت چوب و بهره‌گیری از کارکردهای زیست‌محیطی درختان، در جهت مدیریت پساب‌های تولیدی و جلوگیری از مصرف آن‌ها در اراضی کشاورزی نیز استفاده شود. همچنین، با توجه به محدودیت منابع آبی، استفاده دوباره از فاضلاب و پساب‌های تولیدی برای توسعه زراعت چوب می‌تواند در مدیریت خشک‌سالی نیز بسیار مؤثر و کارآمد باشد. بنابراین، نیاز است در مناطقی با دسترسی مناسب به آب‌های آلوده:

(۱) تمهیداتی برای مدیریت و تصمیم‌گیری درمورد دفع مناسب این آب‌ها،

(۲) منع جدی استفاده از آن‌ها برای آبیاری محصولات کشاورزی،
(۳) تشویق و حمایت کشاورزان برای تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به گزینه‌های مناسب دیگر،

(۴) شناسایی اراضی مستعد و مناسب زراعت چوب با این آب‌های آلوده،

(۵) فراهم کردن زیرساخت‌های لازم برای زراعت چوب در اراضی مستعد مانند بررسی ویژگی‌های آب و خاک منطقه قبل از کاشت، تأمین نهال‌های صنوبر پربازده و مناسب،

(۶) استفاده از کارشناسان متخصص برای نظارت بر عملیات کاشت، داشت و برداشت و راهنمایی و هدایت کشاورزان از زمان کاشت تا برداشت محصول

و درنهایت (۷) فراهم کردن بستری مناسب برای ایجاد ارتباط بین بخش صنایع چوبی به‌عنوان متقاضی و خریدار و کشاورز به‌عنوان تولیدکننده به‌منظور ترغیب و اطمینان خاطر کشاورزان از فروش محصول چوبی تولیدی در سال‌های آینده،

در برنامه‌ها و سیاست‌های کاری سازمان‌ها و نهادهای متولی قرار گیرد.

در پایان، توجه به این نکته نیز مهم است، استفاده دوباره از فاضلاب و پساب برای آبیاری باید در هر حالتی از نظر اقتصادی، موجه و از نظر محیط‌زیستی، قابل‌پذیرش باشد. چالش‌های محیط‌زیستی همراه با استفاده دوباره از آب‌های آلوده در آبیاری نیز می‌تواند با:

(۱) جمع‌آوری، مدیریت و دفع صحیح فاضلاب و پساب‌های تولیدی،
(۲) اعمال پیش‌تصفیه تا تصفیه کامل روی فاضلاب‌های تولیدی قبل از استفاده مستقیم و رهاسازی آن‌ها در طبیعت،

(۳) کنترل و پایش مستمر فاضلاب و پساب‌های تولیدی از نظر پارامترهای کمی، کیفی و بهداشتی و سطح عناصر غذایی و فلزات سنگین،

(۴) بهره‌گیری و رعایت استانداردها و رهنمودهای استفاده دوباره از فاضلاب و پساب به‌منظور کاهش خطرات و تأثیرات منفی بر سلامت بوم‌سازگان

و (۵) تصمیم‌گیری درمورد کاربرد فاضلاب و پساب براساس ویژگی‌های آب، خاک و گیاه به حداقل میزان ممکن رسانده شود.

منابع

اسدی، ف.، ۱۳۹۸. مبانی زراعت چوب صنوبر. تهران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۲۴۲ صفحه.

باقری، ی.ر.، مسکینی ویشکایی، ف.، محمداسماعیل، ز.، سعادت، س. و رضایی، ح.، ۱۳۹۶. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زیست‌محیطی فلزات سنگین خاک با استفاده از شاخص‌های آلودگی در اراضی زراعی جنوب تهران. نشریه محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۷۰ (۴): ۸۶۸-۸۵۷. DOI: 10.22059/jne.2017.232237.1377

بزرگمهر، ع.، مدیررحمتی، ع.ر.، قاسمی، ر. و کلاگری، م.، ۱۳۹۸. معرفی کلن‌های موفق صنوبر در شمال شرق کشور. نشریه طبیعت ایران، ۴ (۲): ۵۱-۶۳. DOI: 10.22092/irm.2019.119038

بی‌نام، ۱۳۹۷. ۴۰ درصد اراضی جنوب تهران با آب آلوده آبیاری می‌شود. آدرس

- F.J. (2016). Comparative study of plant growth of two poplar tree species irrigated with treated wastewater, with particular reference to accumulation of heavy metals (Cd, Pb, As, and Ni). *Environmental Monitoring and Assessment*: 188, 99. DOI: 10.1007/s10661-016-5102-0.
- Mataruga, Z., Jarić, S., Marković M., Pavlović, M., Pavlović, D., Jakovljević, K., Mitrović, M. and Pavlović, P. (2020). Evaluation of *Salix alba*, *Juglans regia* and *Populus nigra* as biomonitors of PTEs in the riparian soils of the Sava River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 131. DOI:10.1007/s10661-020-8085-9.
- Mleczeck, M., Rutkowski, P., Kaniuczak, J., Szostek, M., Budka, A., Magdziak, Z., Budzyńska, S., Kuczyńska-Kippen, N. and Niedzielski, P. (2019). The significance of selected tree species age in their efficiency in elements phytoextraction from wastes mixture. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16: 3579-3594. DOI: 10.1007/s13762-018-1996-0.
- Salehi, A., Zalesny, R.S. and Calagari, M. (2023). Effects of urban wastewater application on growth, biomass, nutrition, and heavy-metal accumulation of *Populus nigra* L. "62/154," *P. alba* L. "20/45," *P. euramericana* (Dode) Guinier "92/40," and *Salix excelsa* S.G. Gmel grown in heavy-metal contaminated soil. *International Journal of Phytoremediation*, 25(10): 1371-1383. DOI: 10.1080/15226514.2022.2158783.
- Sharma, R.K., Agrawal, M. and Marshall, F. (2007). Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi. India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66: 258-266. DOI : 10.1016/j.ecoenv.2005.11.007.
- Toze, S. (2006). Reuse of Effluent Water-Benefits and Risks. *Agricultural Water Management*, 80: 147-159. DOI: 10.1016/j.agwat.2005.07.010.
- سایت: www.ima.ir/news/83240660/40
- تیموری، س.، ۱۳۹۹. تعیین اراضی مستعد زراعت چوب در حاشیه کلان‌شهرها با استفاده از آب‌های نامتعارف. طرح پژوهشی، تهران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۴۹ صفحه.
- جلیلی، ع.، ۱۳۸۶. راهبرد تأمین پایدار مواد لیگنوسلولزی ایران. تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۱۶۵ صفحه.
- جلیلی، ع.، ۱۴۰۰. ارزیابی توان توسعه زراعت چوب در اراضی تحت آبیاری با آب نامتعارف در جنوب تهران با رویکرد تبدیل الگوی کاشت. طرح پژوهشی، تهران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۶۴ صفحه.
- سهرابی، م.س.، ۱۴۰۱. بحران و تنش آبی در ایران، گزارش راهبردی، مرکز مطالعات راهبردی و آموزش وزارت کشور، شماره ۱۸، ۳۱ صفحه.
- صالحی، آ.، ۱۳۹۹. رویکرد راهبردی استفاده از آب‌های نامتعارف در اراضی کشاورزی جنوب شهر تهران. نشریه طبیعت ایران، (۵): ۲۹-۲۳. DOI : 10.22092/irn.2020.122849
- صالحی، آ.، ۱۳۹۹. بررسی ویژگی‌های رویشی و جذب فلزات سنگین برخی ارقام صنوبر و بید در دو محیط کشت هیدروپونیک و خاک متأثر از آب‌های نامتعارف. طرح پژوهشی، تهران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۶۲ صفحه.
- صالحی، آ.، ۱۴۰۰. بررسی عملکرد تولید چوب و پتانسیل گیاه‌پالایی درختان صنوبر (*Populus nigra*) آبیاری‌شده با فاضلاب شهری در جنوب تهران، طرح پژوهشی، تهران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۶۵ صفحه.
- صالحی، آ.، ۱۴۰۱. امکان‌سنجی و ترویج استفاده از فاضلاب در زراعت چوب. نشریه فنی، تهران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۳۲ صفحه.
- صالحی، آ.، ۱۴۰۳. راهنمای تغییر الگوی کشت از محصولات کشاورزی به زراعت چوب در اراضی متأثر از فاضلاب و پساب‌های شهری در کلان‌شهرها. دستنامه فنی، تهران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۵۳ صفحه.
- عباسی، ی.، میرزایی، ف. و سهرابی، ت.، ۱۳۹۷. بررسی توزیع فلزات سنگین در خاک اراضی آبیاری‌شده با پساب با استفاده از روش کریجینگ و مدل هایدروس: مطالعه موردی در جنوب تهران. نشریه سلامت و محیط‌زیست، ۳۵۱-۳۶۴: (۳)۱۱.
- فصیحی، ح.، ۱۳۹۳. بررسی منابع و پیامدهای جریان فاضلاب‌های شهری و صنعتی در روستاهای بخشی از حریم جنوبی تهران. نشریه پژوهش‌های روستایی، (۴)۵: ۹۱۱-۹۳۶. DOI: 10.22059/jrur.2015.53431
- کلاغری، م.، میرآخورلو، خ.، صالحی، آ.، احمدلو، ف.، تیموری، س.، جعفری، ا.، اسکندری، س.، باقری، ر.، عراقی، م.ک.، خدایی، م.ب. و قاسمی، ر.، ۱۴۰۱. اجرای برنامه ملی توسعه زراعت چوب ضرورتی برای حفاظت جنگل‌ها و تأمین مواد اولیه چوبی کشور. نشریه طبیعت ایران، ۷: ۹-۱۹. DOI: 10.22092/irn.2022.357162.1437
- مدیررحمتی، ع.، ۱۳۹۵. توسعه زراعت چوب ضرورتی اجتناب‌ناپذیر و حیاتی برای کشور. نشریه طبیعت ایران، ۱: ۲۱-۱۴. DOI: 10.22092/irn.2016.107525/10.22092
- یزدان‌بخش، ا.ر.، اسلامی، ا. و رضایی، س.، ۱۳۹۴. بررسی کیفیت رواناب سطحی کانال فیروزآباد شهر تهران برای مصارف آبیاری. نشریه بهداشت در عرصه، (۳)۳: ۱۹-۲۶. DOI: 10.22037/jhf.v3i3.11551
- Goliński, P., Mleczeck, M., Magdziak, Z., Gąsecka, M., Borowiak, K., Dąbrowski, J., Kaczmarek, Z. and Rutkowski, P. (2015). Efficiency of Zn phytoextraction, biomass yield and formation of low-molecular-weight organic acids in *S. rubens* -a hydroponic experiment. *Chemistry and Ecology*, 31: 345-364. DOI: 10.1080/02757540.2014.993976.
- Houda, Z., Bejaoui, Z., Albouchi, A., Gupta, D.K. and Corpas, Y.