Archive of SID

اثر بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی بر الگوی کشت در چارچوب برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (مطالعه موردی گهرباران ساری)

خدیجه عبدی رکنی[۱]، سید علی حسینی یکانی[۲*]، سمانه عابدی[۳] و فاطمه کشیری کلائی[۴]

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۵

چکیده

در دهه گذشته مصرف کودهای شیمیایی، اثرات و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی نظیر آلودگی آب و خاک و بروز مشکلاتی در مورد وضعیت سلامت انسان‌ها را به همراه داشته است. به دلیل این‌که استفاده نابهینه کودهای شیمیایی می‌تواند خطرات جدی برای محیط و سلامت جامعه ایجاد کند، در این مطالعه ترکیب بهینه کودهای مصرف شده در تولید محصولات کشت شده در منطقه گهرباران شهرستان ساری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی و تئوری بازی‌ها تعیین و با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، الگوی کشت در شرایط مصرف کود در سطح بهینه و کنونی برای محصولات گوناگون مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های این مطالعه از راه تکمیل پرسش‌نامه با ۲۵۰ کشاورز منطقه گهرباران در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ جمع‌آوری شد. نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که مصرف کود برای محصولات در بین کشاورزان نماینده، بهینه نبوده به‌گونه‌ای‌که مصرف کود در شرایط کنونی به طور میانگین بیش‌تر از حد بهینه می‌باشد. برمبنای نتایج الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، با وجود ثابت بودن سطح کشت کل، سود در حالت مصرف کود بهینه نسبت به مصرف کنونی، ۳ درصد افزایش یافته است. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، اقدام‌هایی مانند برگزاری کلاس‌های ترویجی و آموزشی می‌تواند در بهینه‌سازی مصرف کود و افزایش سود در این منطقه مؤثر باشد.

طبقه‌بندی JEL : C02، C61، C79، Q01.

واژه‌های کلیدی: مدیریت مواد مغذی، برنامه‌ریزی آرمانی، الگوی کشت، برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی.

[۱]- دانشجوی دکتری در رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

[۲]- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

[۳]- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

[۴]- دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

*- نویسنده مسئول مقاله: hosseiniyekani@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

پیشگفتار

تغذیه خاک با مدیریت اصولی مصرف کود، به نحوی که عملکرد را با کمینه کردن آلودگی‌های زیست‌محیطی بیشینه کند، از اهمیت خاصی برخوردار است (جمشیدی، ۱۳۸۷). نهاده‌های شیمیایی بمنظور تأمین مواد معدنی خاک و هم‌چنین، از بین بردن آفت‌ها، قارچ‌ها و علف‌های هرز در کشاورزی استفاده می‌شوند. پیش از جنگ جهانی دوم بخش عمده ازت، پتاس و فسفر مورد نیاز از کودهای دامی تأمین می‌شد، از آن زمان تا به حال، استفاده از کودهای شیمیایی افزایش چشمگیری داشته است (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۳). امروزه مصرف بیش از حد کود و سموم شیمیایی زیان‌های فراوانی را به محیط‌زیست و سلامت عمومی مردم وارد کرده است. از دیدگاه بسیاری از کارشناسان پایین بودن قیمت نهاده کود در اثر سیاست‌های حمایتی دولت سبب مصرف بی‌رویه این نهاده و استفاده از الگوی کشت غیربهینه در بیش‌تر دشت‌های کشاورزی ایران شده است (آق و همکاران، ۱۳۹۴). به‌همین خاطر تعیین الگوی بهینه کشت یکی از مهم‌ترین تصمیم‌های پیش‌روی کشاورزان می‌باشد (مهدیی، ۱۳۹۳). استفاده از الگوی ریاضی در تعیین الگوی بهینه کشت نقش مهمی دارد، از این‌رو است که در زمینه برنامه‌ریزی کشاورزی در یک واحد کشاورزی از برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌شود (سلطانی، ۱۳۸۷). یکی از روش‌های گسترده الگوی برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی[1] (PMP) می‌باشد.

در زمینه بهینه‌سازی کود و تعیین الگوی کشت مطالعات فراوانی در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است و با توجه به تعدد و شباهتی که بین اغلب این مطالعات وجود دارد لذا در این بخش به چند مطالعه‌ای که در سال‌های اخیر انجام گرفته اشاره می‌شود.

از جمله مطالعات انجام گرفته در بخش بهینه‌سازی کود شیمیایی می‌توان به پژوهش فتحی و بخشوده (۱۳۸۹) اشاره کرد که از تئوری بازی‌ها بمنظور تعیین مقدار بهینه مغذی خاک برای محصول ذرت در منطقه کوشکک استان فارس استفاده کردند. نتایج حل بازی با معیار بیشینه‌کمینه‌ها نشان داد که بهترین استراتژی برای تغذیه خاک، هزینه‌ای معادل با ۱۰۵۰۰۰۰ ریال از سوی کشاورز و دریافت عملکرد ۱۰۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، بشمار می‌رود که تغذیه ۳۹۵/۰۷ کیلوگرم در هکتار را پیشنهاد می‌کند که این مقدار تغذیه خاک توسط کود اوره به مقدار ۳۹۵/۳ کیلوگرم و سوپرفسفات تریپل و ۱۹۵/۶ کیلوگرم تامین می‌شود. در مطالعه دیگر کرباسی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی و تئوری بازی‌ها به بررسی ترکیب کود بهینه و مقایسه با سطح کنونی مصرف در مازندران، پرداختند. سطح مصرف بهینه در این منطقه ۴۴۲/۳۴۲ کیلوگرم در هکتار با عملکرد ۵۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و هزینه ۵۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد. نتایج نشان

[1] -Positive Mathematical Programming

www.SID.ir

Archive of SID

داد کود در این منطقه بیش‌تر از سطح مصرف بهینه مصرف می‌شود. مهدیی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به بررسی چگونگی تغییر الگوی کشت در شرایط بهینه شهرستان بهار که به‌عنوان قطب اصلی کشت سیب‌زمینی در استان همدان است پرداختند. نتایج نشان داد به مقدار ۸/۴۴ درصد بازده برنامه‌ای، ۲/۹۴ درصد هزینه‌ای سرمایه‌گذاری، ۳/۰۵ درصد کود شیمیایی و ۱/۹۹ درصد مصرف آب در شرایط بهینه کاهش یافته است. در مطالعه‌ای دیگر پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) بمنظور تعیین الگوی کشت مناسب در بخش رودبار الموت غربی استان قزوین و هم‌چنین، کاهش آلودگی آب‌های رودخانه شاهرود که ناشی از مصرف زیاد کود است، برنامه‌ریزی آرمانی اولویتی را مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد الگوی کنونی در این بخش بهینه نیست و نهاده‌های تولید بصورت غیر کارآمد استفاده می‌شوند. هم‌چنین، آق و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش PMP، اثرات سیاست کاهش کود و آب بر الگوی کشت محصولات زراعی در زیر بخش زراعت شهرستان بهشهر، در استان مازندران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در سیاست کاهش کود به مقدار ۴۹ درصد سطح زیرکشت تمام محصولات زراعی کاهش می‌یابد و بیش‌ترین کاهش مربوط به محصول کلزای دیم می‌باشد.

از مطالعات خارجی مربوط به بهینه‌سازی کود می‌توان به گوش و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کرد که با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی[1] و به کمک تئوری بازی‌ها به تعیین سطح مصرف بهینه سه ریزمغذی نیتروژن، پتاسیم و فسفر در منطقه بنگال هندوستان پرداختند. نتایج نشان داد در منطقه مورد نظر بهینه مصرف کود در سطح ۴۱۸/۸۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و هر سه هدف بیش‌ترین عملکرد، کم‌ترین هزینه و حد بالا و پایین مصرف ماده مغذی در آن بدست آمده است. کور و همکاران (۲۰۱۰) بمنظور بیشینه کردن درآمد ناخالص و صرفه‌جویی در مصرف آب، به تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی در پنجاب پرداخته و به این نتیجه رسیدند که با استفاده از محصولات جدید مانند پنبه در الگوی کشت، درآمد را حدود ۴ درصد افزایش می‌دهد و ۵۵/۲۶ درصد باعث صرفه‌جویی در آب می‌شود.

گفتنی است که با توجه به مطالعات بررسی شده، پژوهش‌های اندکی در مورد بهینه‌سازی کود و تاثیر آن بر الگوی کشت محصولات در ایران انجام گرفته است. در این مطالعه با بکارگیری روش برنامه‌ریزی آرمانی، می‌توان به بهبود وضعیت تولید کشاورزی و استفاده درست از نهاده‌ها کمک نمود. به‌همین دلیل مطالعه حاضر با هدف تعیین مقدار بهینه مصرف کود شیمیایی در منطقه گهرباران ساری با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی آرمانی و مقایسه الگوی کشت در شرایط استفاده کود بهینه و کنونی با استفاده از روش PMP انجام می‌گیرد.

[1] -Goal Programming

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

در این پژوهش بمنظور تعیین مقدار بهینه مصرف کود شیمیایی و با توجه به این‌که اهداف متعدد و متضادی مدنظر قرار دارد، مدل برنامه‌ریزی آرمانی انتخاب گردید. در این روش، برنامه در جستجوی جوابی است که بتواند مجموع انحرافات موزون از اهداف مدنظر را به کمینه برساند. این مطالعه استراتژی‌های گوناگون هزینه از سوی کشاورز و عملکردهای متفاوت برنج، به‌عنوان بازیگران بازی در نظر گرفته شدند. به بیان دیگر، کشاورز با توجه به وضعیت اقتصادی خود، هزینه‌ای را برای خرید کود در نظر گرفته که بسته به مقدار و نوع کودهای مصرفی (مقدار ماده غذایی اضافه شده به خاک) عملکردهایی متفاوت در پی خواهد داشت. با حل این بازی می‌توان مقدار ماده غذایی لازم برای تغذیه خاک در منطقه مورد مطالعه را بدست آورد. براساس جواب بازی که مقدار ماده غذایی داده شده به خاک است، مقدار بهینه انواع کودها تعیین می‌گردد (چیذری و همکاران، ۱۳۹۰).

آرمان‌های لحاظ شده برای بدست آوردن ترکیب کود بهینه بر اساس نیاز خاک، شامل بیش‌ترین عملکرد، کم‌ترین هزینه و رعایت حد پایین و حد بالای مواد مغذی می‌باشد (گوش و همکارارن، ۲۰۰۵).

- محدودیت نخست مدل برنامه‌ریزی آرمانی: این محدودیت نشان‌دهنده هزینه کل کشاورز برای استفاده از نهاده کود می‌باشد (هزینه کود یک دوره کشت محصول برآورد شده است).

$$\sum_{n=1}^{N} C_n[FT]_{cn} + d_{1,c}^{-} - d_{1,c}^{+} = [T]_c \qquad (۱)$$

که در آن C_n هزینه هر واحد کود nام، $[T]_c$ کل بودجه موجود برای خرید کود مورد نیاز یک هکتار محصول c ام و $d_{i,c}^{+}$ و $d_{i,c}^{-}$ به‌ترتیب انحرافات منفی و مثبت از آرمان i ام در مدل برنامه‌ریزی آرمانی می‌باشند.

- محدودیت دوم مدل برنامه‌ریزی آرمانی: حد پایین وجود مواد مغذی در کودهای مصرفی گوناگون را نشان می‌دهد (برای اطمینان از عملکرد خوب باید حداقل مواد مغذی در کود وجود داشته باشد).

$$\sum_{n=1}^{N} A_n^{(q)}[FT]_{cn} + d_{q+1,c}^{-} - d_{q+1,c}^{+} = [L]_c^{(q)} \quad for\ q = 1, \dots, Q \qquad (۲)$$

در این رابطه، $A_n^{(q)}$ مقدار واحد موجود از ماده مغذی qام در ترکیب کود nام و $[L]_c^{(q)}$ حد پایین وجود ماده مغذی qام در کود مصرفی برای تولید یک هکتار از محصول cام را نشان می‌دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

- محدودیت سوم مدل برنامه‌ریزی آرمانی: حد بالای وجود مواد مغذی در کودهای مصرفی گوناگون را نشان می‌دهد (برای اجتناب از استفاده هرگونه کود مازاد، حد بالا لحاظ می‌شود).

$$\sum_{n=1}^{N} A_n^{(q)}[FT]_{cn} + d_{Q+q+1,c}^{-} - d_{Q+q+1,c}^{+} = [U]_c^{(q)} \quad for\ q = 1, \dots, Q \qquad (۳)$$

$[U]_c^{(q)}$ نشان دهندهحد بالای وجود ماده مغذی qام در کود مصرفی برای تولید یک هکتار از محصول cام می‌باشد.

- محدودیت چهارم مدل برنامه‌ریزی آرمانی: از آن‌جا که مقدار مصرف کود بر روی عملکرد اثر گذار است بنابراین رابطه میان عملکرد برنج و کودهای مصرفی می‌تواند به‌عنوان محدودیت وارد مدل شود (وجود مواد مغذی مورد نیاز گیاه در کود، رابطه‌ای مستقیم با عملکرد محصولات دارند).

$$[a]_c \sum_{n=1}^{N}[FT]_{cn} + d_{2Q+2}^{-} - d_{2Q+2}^{+} = [Y]_c - [b]_c \qquad (۴)$$

که $[Y]_c$ عملکرد محصول cام و $[a]_c , [b]_c$ ضرایب تابع عملکرد محصول cام ($[a]_c \sum_{n=1}^{N}[FT]_{cn} + [b]_c = [Y]_c$) می‌باشند که پس از تخمین در مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی مورد نظر به صورت رابطه (۵) نشان داده می‌شود:

$$\text{Min} \qquad d_{1,c}^{+} + d_{q+1,c}^{-} + d_{Q+q+1,c}^{+} + d_{2Q+2,c}^{-} \qquad (۵)$$

با کمینه‌سازی متغیرهای انحرافی نامطلوب (رابطه ۵) برای سناریوهای گوناگونی از $[T]_c$ و $[Y]_c$ (i=1,2,…,I سناریو از T وJ ,j=1,2,…, سناریو از Y) مقادیر گوناگونی از $[FT]_{cn}$ بدست می‌آید که می‌توان بر مبنای آنها $[f_{i,j}]_c$ (کل مقدار مواد مغذی مورد نیاز برای تولید یک هکتار از محصول cام را در سناریوی iام از بودجه و سناریوی jام از عملکرد) را با استفاده از رابطه $[f_{i,j}]_c = \sum_{n=1}^{N}\sum_{q=1}^{Q} A_n^{(q)}[FT]_{cn}$ محاسبه کرد.

در مرحله بعد می‌توان بهترین ترکیب مواد مغذی (که نقطه زین اسبی[1] جدول ۱ می‌باشد) را با استفاده از تئوری بازی‌ها مشخص کرد. این معیار بر این اصل استوار است که کشاورز از میان بدترین حالت‌های ممکن، بهترین را انتخاب می‌نماید. به‌عبارتی کشاورز بر این باور است که بدترین

[1]- Saddle Point

www.SID.ir

Archive of SID

حالت برای وی رخ می‌دهد و بر همین اساس از میان این حالات، بهترین را انتخاب می‌کند. معیار Minimax = Maximinبه صورت رابطه (۶)، برای تعیین بهترین استراتژی رقبا و ارزش بازی‌ها استفاده می‌شود.

$$min_j\ max_i\ [f_{i,j}]_c = max_i\ min_j\ [f_{i,j}]_c \qquad (۶)$$

در این مطالعه پس از برآورد مصرف کود بهینه با توجه به مدل برنامه‌ریزی آرمانی معرفی شده، برای اثر تغییر مصرف کود از مقدار کنونی به سطح بهینه، الگوی کشت در چارچوب روش PMP محاسبه شد.

روش PMP یک روش تحلیل تجربی است که از تمام داده‌های موجود، جدا از این‌که به چه مقدار کمیاب هستند، استفاده می‌کند. روی هم رفته، یک مدل PMP در سه مرحله الگوسازی می‌شود.

مرحله نخست PMP: با افزودن محدودیت‌های کالیبراسیون به مجموعه محدودیت منابع، برآورد الگوی بهینهٔ کشت ساده با استفاده از برنامه‌ریزی خطی:

$$Max\ z = p'x - c'x \qquad (۷)$$
$$subject\ to: Ax \leq b \qquad [\lambda]$$
$$x \leq x_0 + \varepsilon \qquad [\rho]$$
$$x \leq 0$$

که در آن z ارزش تابع هدف، p بردار قیمت‌های محصول، x بردار غیرمنفی از سطوح فعالیت‌های تولیدی، c بردار هزینه حسابداری هر واحد از محدودیت‌های منابع و ρ بردار متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون است.

مرحله دوم PMP: مقادیر دوگان به دست آمده در مرحله نخست برای تخمین پارامترهای تابع هدف غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$C^v(X) = d'x + x'Qx/2 \qquad (۸)$$

که در آن d بردار از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه و Q: ماتریس مثبت، از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه می‌باشد.

مرحله سوم PMP: تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله پیش، در تابع هدف مسئله مورد بررسی قرار داده می شود و تابع هدف غیرخطی یاد شده در یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسئله اولیه به استثناء محدودیت‌های کالیبراسیون، ولی همراه با دیگر محدودیت‌های سیستمی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

www.SID.ir

Archive of SID

$$Max:\ z = p'x - d'x - x'Qx/2 \qquad (۹)$$
$$subject\ to: Ax \le b \qquad [\lambda]$$
$$x \le 0$$

در این‌جا بردار $\hat{d}$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون الگوی غیرخطی کالیبره شده فوق به‌طور صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع را باز تولید می‌کند و جهت شبیه‌سازی تغییرات در پارامترهای مطلوب آماده می باشد (هاویت، ۱۹۹۵)

در این مطالعه از نهاده نیروی‌کار، کود شیمیایی، بذر و آب استفاده شده است و هم‌چنین، این داده‌های از روش میانگین‌گیری برای یک کشاورز فرضی در نظر گرفته شده است. جامعه آماری مورد نظر در این مطالعه، کشاورزان منطقه گهرباران واقع در شهرستان ساری می‌باشند. گهرباران شامل دهستان گهرباران شمالی به مرکزیت روستای طبقده با ۱۱ روستای تحت پوشش و دهستان گهرباران جنوبی به مرکزیت روستای ماکران با ۹ روستای زیر پوشش می‌باشد. داده‌های مورد نیاز برای انجام این پژوهش، از طریق تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با ۲۵۰ کشاورز که در این منطقه به کشت محصولات زراعی مشغول می‌باشند، گردآوری شد. حجم نمونه‌های مورد نیاز برای هر روستا با استفاده از فرمول کوکران (۱۹۷۷) تعیین گردید. برای محاسبه مقدار بهینه ترکیب کود و در نهایت، سطح زیرکشت محصولات در شرایط کنونی و مصرف بهینه کود از نرم افزار GAMS استفاده شده است.

نتایج و بحث

دراین مطالعه با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی، الگوی مصرف بهینه‌ی کود شیمیایی کشاورزان منطقه گهرباران تعیین و با استفاده از روش PMP، تاثیر مصرف بهینه بر سطح کشت محصولات، مورد بررسی قرار گرفته است. به‌این منظور، با توجه به مقدار کود مصرفی و عملکرد هر کشاورز و با درنظر گرفتن شرایط یکسان برای تولید محصولات، اثر مقدار مصرف متفاوت کود بر عملکرد اندازه‌گیری شده است. نتایج بدست آمده از تئوری بازی‌ها در جدول ۲ بیان شده است.

با توجه به اعداد مندرج در جدول بالا به‌عنوان مثال محصول گندم، زارع با صرف ۵۵۸۷۸۵ تومان هزینه و تولید ۴۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، باید ۲۲۶/۰۵۱۹ کیلوگرم ریزمغذی به خاک برساند. در ادامه بررسی ترکیب بهینه ریزمغذی، مربوط به محصول جو را می‌توان در جدول ۲ مشاهده کرد. بر اساس با این جدول، بهترین ترکیب ریز مغذی در عملکرد ۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و

www.SID.ir

Archive of SID

هزینه ۳۵۰۰۰۰ تومان برابر با ۱۴۴/۲۰۲۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. به‌بیان دیگر، کشاورزان منطقه در این سطح مصرف ریز مغذی، بهترین عملکرد با کم‌ترین هزینه را خواهند داشت.

هم‌چنین، مقادیر بهینه و مصرف کنونی کود شیمیایی کشاورزان منطقه در خصوص محصولات را می‌توان در جدول ۳ مشاهده کرد. با توجه به جدول ۳، برای مثال، می‌توان گفت برای رسیدن به عملکرد ۱۲۵۰ کیلوگرم برای محصول جو، ۲۱۷/۳۹۱۳ کیلوگرم کود اوره و ۸۸/۴۰۵۷ کیلوگرم پتاسیم سولفات موردنیاز است. در شرایط بهینه کود پتاسیم سولفات کمتر از حد کنونی مصرف می‌شوند که یکی از دلایل آن می‌تواند هزینه بالاتر این نوع کود نسبت به کود نیتروژن باشد. بر اساس نتایج برای محصول جو پیشنهاد می‌شود کود فسفات آمونیوم استفاده نشود به این دلیل که خاک منطقه مازندران سرشار از عنصر فسفر می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند در گروه جو کاران تقریبا ۹۳ درصد بیش از حد بهینه از کود شیمیایی مصرف و تنها ۷ درصد استفاده بهینه دارند. که می‌توان گفت در مجموع کشاورزان منطقه کود را غیر بهینه مصرف می‌کنند.

هم‌چنین، نتایج جدول ۳ در مورد محصول گندم حاصل از مقایسه مقدار کود در دو حالت بهینه و کنونی نشان‌دهنده مصرف غیربهینه کود در این منطقه می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، سطح کنونی مصرف کود اوره در منطقه برابر با ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده، در صورتی که در حالت بهینه کم‌تر از این مقدار می‌باشد. مصرف زیاد این کود موجب ازدیاد شاخه و برگ و کاهش ضریب جذب نور شده، در نتیجه تولید کاهش می‌یابد.

نتایج بدست آمده از بررسی جدول ۳ نشان می‌دهد برای محصول گوجه‌فرنگی کشاورزان منطقه کود را به‌صورت نابهینه مصرف می‌کنند. هم‌چنین، بررسی مقدار مصرف هر کشاورز نشان می‌دهد ۱۰۰ درصد کشاورزان استفاده نامطلوبی از کود شیمیایی دارند. دلیل این امر را می‌توان عدم آگاهی کشاورزان از ریزمغذی های موجود در کودها و مقدار بهینه مصرف کود بیان کرد. به‌گونه‌ای که کشاورزان با افزایش مصرف نهاده‌ها بمنظور بیش‌ترین تولید، هزینه و خسارات احتمالی محصولات را افزایش می‌دهند. مدل آرمانی برای کاهش هزینه و با توجه به نیاز زمین، مصرف بیش‌تر کود اوره را نسبت به دو نوع کود دیگر پیشنهاد می‌دهد.

با توجه به نتایج جدول ۲ و ۳ برای مثال، برای محصول گندم، با مصرف تقریبی ۴۷۷ کیلوگرم کود شیمیایی، مقدار ۳۹۸۰ کیلوگرم گندم تولید می‌شود، در صورتی که در شرایط کنونی با مصرف ۵۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی، عملکردی معادل ۴۱۵۰ کیلوگرم در هکتار داشته است. بر این اساس می‌توان گفت، با مصرف بهینه علاوه بر کاهش مصرف کود، عملکرد ۴ درصد افزایش می‌یابد.

نتایج بدست آمده از الگوی پیشنهادی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، در دو حالت مصرف کود کنونی و بهینه در جدول ۴ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مردم منطقه مورد مطالعه، بیش از ۵۰ سال است که به کشت دیم جو روی آورده‌اند و بیش‌تر نیاز خود و دام‌هایشان را از کشت این محصول دیم تأمین می کنند، بنابراین، قادر به پذیرفتن یک محصول تازه برای جایگزین محصول جو نیستند، هر چند از لحاظ اقتصادی بهینه باشد. همان گونه که از نتایج جدول ۴ مشاهده می‌شود در شرایط کنونی به مقدار ۰/۰۸هکتار محصول جو کشت می‌شود که در مدل اثباتی پیشنهاد می‌شود این محصول بدلیل سودآوری کم و مصرف کود زیاد از برنامه حذف شود.

هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهند در شرایط کنونی کشاورزان برای حداکثرسازی سود، ۰/۱۳ هکتار از زمین‌های زیر کشت خود را به کاشت محصول گندم اختصاص داده‌اند. در مدل اثباتی سطح کشت به مقدار ۷ درصد کاهش یافته است. این مقدار کاهش سطح کشت می‌تواند به دلیل نیاز بیش‌تر محصول به نهاده کود شیمیایی باشد. بر خلاف محصول گندم، کلزا به مقدار ۸۵ درصد افزایش کشت را نشان می‌دهد. هم‌چنین، که مشاهده می‌شود مدل اثباتی پیشنهاد می‌کند محصول سیر و هندوانه به‌مقدار الگوی کنونی کشت شوند.

به ترتیب محصول سویا، گوجه‌فرنگی و برنج طارم به مقدار ۲/۲،۵ و ۱ درصد نسبت به وضعیت موجود کاهش و شیرودی ۰/۷۱ درصد افزایش داشته است. این تغییرات با توجه به محدودیت‌های مورد بررسی و اهداف تعریف شده می‌باشد. این تغییرات در نهایت موجب شده است که به هدف‌های این پژوهش در جهت مثبت خود به گونه هم‌زمان رسید. بنابراین، اثباتی کردن مدل انعطاف‌پذیری مدل را بالا برده و باعث می‌شود از منابع و امکانات هم‌چنین، در الگوی اثباتی مقدار افزایش در بازده برنامه‌ای نسبت به الگوی کنونی بیش‌تر می‌باشد و با توجه به این‌که مهم‌ترین هدف کشاورزان دست‌یابی به درآمد بیش‌تر می‌باشد، لذا پذیرش این الگو نسبت به الگوی کنونی به وسیله کشاورزان به سهولتی بیش‌تر امکان‌پذیر است.

با توجه به نتایج جدول سطح زیرکشت کل در حالت مصرف بهینه کود شیمیایی در مقایسه با سطح کنونی، تغییر نیافته است. نتایج مربوط به مقایسه سود کشاورزان در حالت مصرف کود کنونی و بهینه نشان می‌دهد با رعایت الگوی کشت بهینه حدود ۳ درصد به سود کشاورزان منطقه اضافه می‌شود. گفتنی است افزایش سود کشاورز به‌دلیل کاهش مصرف کود و در نتیجه هزینه آن و امکان تولید بیش‌تر با سطح نهاده موجود می‌باشد.

بر اساس نتایج می‌توان گفت که کشاورزان منطقه مورد مطالعه در تدوین الگوی کشت کنونی خود به ویژگی‌های زیست‌محیطی منطقه چندان توجهی ندارند، در حالی‌که با مصرف کود به مقدار بهینه می‌توان الگوی کشتی را تدوین کرد که ضمن ممکن ساختن کسب سود بیشینه، استفاده از حداقل نهاده کود را امکان‌پذیر سازد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از انجام این مطالعه، محاسبه مصرف کود بهینه و مقایسه سطح زیر کشت محصول در شرایط بهینه و کنونی برای محصولات کشت شده در منطقه گهرباران شهرستان ساری بوده است. در این مطالعه با در نظر گرفتن استراتژی‌های هزینه کشاورز و عملکردهای گوناگون، ترکیبات گوناگون کود به‌گونه‌ای ارایه شد که نیاز خاک تأمین شده و با این حال، از مصرف بیش از حد کود و در نتیجه ایجاد آلودگی خاک جلوگیری شود. بر اساس نتایج این پژوهش، بیش‌تر کشاورزان کود را بصورت غیر بهینه استفاده می‌کنند. به‌گونه‌ای‌که بر اساس داده‌های گردآوری شده برای مثال، گروه گندم‌کار، (۰/۹ درصد) مصرف بهینه و (۹۱ درصد) مصرف نامطلوبی از کود دارند. هم‌چنین، در ارتباط با کشاورزانی که جو کشت می‌کنند می‌توان گفت همانند محصول گندم، مصرف کود، نابهینه بوده است. به‌گونه‌ای که مصرف کود ۹۳ درصد کشاورزان نابهینه و تنها ۷ درصد از افراد گروه کود را به گونه بهینه مصرف می‌کنند.

هم‌چنین، بررسی نتایج مربوط به الگوی کشت در شرایط مصرف کنونی و بهینه نشان می‌دهد که مصرف بهینه کود شیمیایی بر سطح سود کشاورز اثرگذار است. به گونه‌ای که با ثابت ماندن سطح کشت کل، حدود ۳ درصد سود نسبت به شرایط کنونی افزایش خواهد یافت. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهند کاهش مقدار کود در شرایط بهینه تاثیر زیادی در سطح زیرکشت محصول منتخب دارد. به گونه‌ای که سطح کشت محصولات گندم، سویا، گوجه‌فرنگی و برنج طارم در مدل پیشنهادی به ترتیب به مقدار ۷، ۲/۲،۵، ۱، درصد کاهش یافته است.

از آن‌جا که سال‌هاست زارعین به الگوی کنونی مصرف نهاده‌ها عادت کرده‌اند، تغییر رفتار آن‌ها نیازمند انگیزه‌های قوی است. بر همین اساس، به نظر می‌رسد انجام آزمایش‌های تجزیه خاک در هر منطقه و ارایه فرمول‌های مناسب کود و خدمات ترویجی و آموزشی لازم در این باره و بالا بردن سطح آگاهی عمومی یک راهکار مناسب جهت مصرف بهینه کود شیمیایی و در پی آن افزایش سطح زیرکشت و سود کشاورز باشد.

هم‌چنین، یکی دیگر از روش‌های پیشنهادی، استفاده از کودهای زیستی می‌باشد. دولت باید در اسرع وقت تمهیدات لازم را بمنظور کاهش مصرف کود شیمیایی فراهم کند تا مصرف این نهاده‌ها در کشور کاهش یابد. هم‌چنین، از جمله روش‌های کاهش مصرف کود می‌تواند استفاده از روش کود آبیاری باشد. کودآبیاری به‌معنای بکار بردن مواد شیمیایی کشاورزی همراه آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری قطرای و بارانی می‌باشد. در نهایت، از آن‌جایی که الگوی پیشنهادی، بیش‌تر خواسته‌های مدیر را تامین می‌کند، اعمال و اجرای الگوی پیشنهادی در این مطالعه می‌تواند موثر واقع شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- آق، م. جولایی، ر. کرامت زاده، ع. و شیرانی، ف. (۱۳۹۴). تعیین الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر سیاست کاهش مصرف کود و آب در استان مازندران (مطالعه موردی: شهرستان بهشهر). نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۵(۳): ۲۵۹-۲۴۷.

- پرهیزکاری، ا. مظفری، م. و خدادادی، م. (۱۳۹۳). بهینه‌سازی الگوی کشت در جهت حفظ و پایداری محیط‌زیست در منطقه الموت غربی. محیط‌زیست طبیعی، ۳: ۳۸۵-۳۷۳.

- جمشیدی، م. (۱۳۸۷). مصرف بی رویه کود شیمیایی، محیط‌زیست و سلامت مردم را هدف قرار داده است (خیمه سرطان در شمال ایران) روزنامه اعتماد ملی، ۲۶ آذر، شماره ۸۱۵. ۹.

- چیذری، ا.، شرزه‌ای، غ. و کرامت‌زاده، ع. (۱۳۹۰). تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه موردی: سد بارزو شیروان). مجله تحقیقات اقتصادی. ۷۱: ۶۶-۳۹.

- سلطانی، غ. زیبایی، م. و کهخا، ا. (۱۳۸۷). کاربرد برنامه ریزی ریاضی در کشاورزی. انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی.

- فتحی، ف. و بخشوده، م. (۱۳۸۹). مدیریت تغذیه خاک برای محصول ذرت با استفاده از تئوری بازی‌ها در منطقه کوشکک استان فارس. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۴): ۴۹۵-۴۹۱.

- مهدیی، ک. معتقد، م. گیگاسری، ح. و عبدی، ا. (۱۳۹۳). بررسی الگوی کشت بهینه شهرستان بهار. فصلنامه علمی -پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران، ۳(۱۲): ۱۸۲-۱۶۵.

Refrences

- Ghosh, D. Sharma, D. & Mattison, D. (2005). Goal programming formulation in nutrient management for rice production in West Bengal, Int. J. Production Economics 95 (2005):pp. 1–7.

- Hazel, P.B.R. & Norton, R.D. (1986). Mathematical programming for economic analysis in agriculture, Colliei MacMillan Publisher, London, UK.

- Karbasi, A. Fakari Sardehaee, B. Kojouri Geshniyani, M. & Rezaei, Z. (2012). Analysis of soil nutrient management for rice production in Mazandaran, Issue 12, Annals of Biological Research, 3 (6): pp.2881-2887 .

- Kaur, B. Sidhu, R.S. & Vatta, K. (2010). Optimal Crop Plans for Sustainable Water Use in P unjab. Agricultural Ecoonomics Research Rrview. 23: pp. 273-284.

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست‌ها

جدول ۱- جدول مواد مغذی جهت اجرای تئوری بازی‌ها.

	$[Y]_{cv}^{1}$	$[Y]_{cv}^{2}$	... ...	$[Y]_{cv}^{j}$	... ...	$[Y]_{c}^{J}$
$[T]_c^1$	$[f_{1,1}]_c$	$[f_{1,2}]_c$	... ...	$[f_{1,j}]_c$	... ...	$[f_{1,J}]_c$
$[T]_c^2$	$[f_{2,1}]_c$	$[f_{2,2}]_c$	... ...	$[f_{1,j}]_c$	... ...	$[f_{1,J}]_c$
$[T]_c^i$	$[f_{i,1}]_c$	$[f_{i,2}]_c$	... ...	$[f_{i,j}]_c$	... ...	$[f_{i,J}]_c$
$[T]_c^I$	$[f_{I,1}]_c$	$[f_{I,2}]_c$	... ...	$[f_{I,j}]_c$	... ...	$[f_{I,J}]_c$

جدول ۲- نتایج تئوری بازی‌ها برای تصمیم‌های هزینه برای مصرف کود (ده ریال) و عملکرد محصولات (کیلوگرم).

محصولات	ریزمغذی	هزینه	عملکرد
گندم	۲۲۶/۰۵۱۹	۵۵۸۷۸۵	۴۱۵۰
جو	۱۴۴/۲۰۲۸	۳۵۰۰۰۰	۱۲۵۰
کلزا	۱۶۰/۸۶۹۵	۴۰۰۰۰۰	۱۰۵۰
سیر	۱۴۱/۳۲۲۸	۳۵۰۰۰۰	۶۱۵۰
سویا	۱۳۴/۲۰۲۷	۳۲۰۰۰۰	۲۰۵۰
گوجه‌فرنگی	۱۹۴/۳۳۶۱	۴۵۰۰۰۰	۳۳۰۵۰
هندوانه	۱۶۲/۳۹۱۳	۴۵۰۰۰۰	۴۳۸۵۰
برنج طارم	۱۳۷/۸۲۶۰	۳۵۰۰۰۰	۴۰۵۰
برنج شیرودی	۱۶۳/۰۴۳۴	۳۹۰۰۰۰	۶۲۵۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقدار مصرف کود در هرهکتار در شرایط بهینه و کنونی محصولات (کیلوگرم).

محصولات	مقادیر مصرف کنونی			مقادیر مصرف بهینه		
	کود اوره	کود پتاسیم سولفات	کود فسفات آمونیوم	کود اوره	کودپتاسیم سولفات	کود فسفات آمونیوم
گندم	۳۵۰	۲۰۰	۰	۳۱۴/۱۳	۱۶۳	۰
جو	۲۵۰	۱۵۰	۰	۲۱۷/۳۹	۸۸/۴۰	۰
کلزا	۳۵۶	۲۰۶	۰	۲۱۷/۳۹	۱۲۱/۷۳	۰
سیر	۳۵۰	۱۵۰	۲۵	۱۹۴	۱۰۳	۰
سویا	۲۵۰	۱۷۵	۲۵	۲۱۷	۶۸	۰
گوجه-فرنگی	۳۲۵	۲۲۵	۰	۲۱۸/۴۴	۱۸۷/۷۰	۰
هندوانه	۳۰۰	۲۰۰	۰	۱۰۸/۶۹	۲۰۰	۲۷/۵۲
برنج طارم	۲۷۵	۱۷۵	۰	۱۷۳/۹۱	۱۰۰	۱۷/۳۹
برنج شیرودی	۴۵۰	۳۰۰	۰	۲۶۰/۸۶	۸۶/۰۹	۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- مقدار سطح زیرکشت در شرایط مصرف بهینه و کنونی کود (هکتار).

نوع محصول	الگوی کشت با کود کنونی	الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی اثباتی با مصرف کود بهینه
گندم	۰/۱۳	۰/۱۲
جو	۰/۰۸	۰
کلزا	۰/۱۲	۰/۲۲۲
سیر	۰/۰۹	۰/۰۹
سویا	۰/۱۱	۰/۱۰۷
گوجه‌فرنگی	۰/۰۴	۰/۰۳۹
هندوانه	۰/۰۴	۰/۰۴
برنج طارم	۱/۰۱	۰/۹۹۷
برنج شیرودی	۰/۷	۰/۷۰۵
سود (ده ریال)	۱۷۷۸۵۰۰۰	۱۸۴۸۴۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir