نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۴، بهار ۱۳۸۹، ص. ۴۹۵-۴۹۱

Journal of Economics and Agricultural Development
Vol. 24, No. 4, Winter 2011, p 491-495

مدیریت تغذیه خاک برای محصول ذرت با استفاده از تئوری بازی ها در منطقه کوشکک استان فارس

فاطمه فتحی[1*]- محمد بخشوده[2]

تاریخ دریافت:۸۹/۲/۲۲
تاریخ پذیرش:۹۰/۱/۲۰

چکیده

تغذیه خاک با مدیریت اصولی مصرف کود، به نحوی که عملکرد را با حداقل نمودن آسیب های زیست محیطی حداکثر نماید، از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مطالعه از تئوری بازی ها برای تعیین مقدار بهینه تغذیه خاک برای محصول ذرت در منطقه کوشکک استان فارس برای سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ استفاده شد. تصمیمات هزینه ای کشاورز در مصرف کود و عملکرد محصول ذرت به عنوان بازیگران در نظر گرفته شدند. ترکیب های بهینه کود با استفاده از برنامه ریزی آرمانی به عنوان نتایج تئوری بازی ها در نظر گرفته شد. نتایج حل بازی با معیار حداکثر حداقل ها نشان داد که بهترین استراتژی ها برای تغذیه خاک، هزینه ای معادل با ۱۰۵۰۰۰۰ ریال از سوی کشاورز و دریافت عملکرد ۱۰۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، به شمار می رود که تغذیه ۳۹۵/۰۷ کیلوگرم در هکتار را پیشنهاد می نماید. که این میزان تغذیه خاک توسط کود اوره به میزان ۳۹۵/۳ کیلوگرم و سوپرفسفات تریپل ۱۹۵/۶ کیلوگرم تأمین می‌شود.

واژه های کلیدی: تئوری بازی ها، تغذیه خاک، برنامه ریزی آرمانی، ذرت

مقدمه

خاک یکی از اصلی ترین منابع طبیعی است که رشد گیاهان را تضمین و بیش از ۹۷ درصد نیازهای غذایی جهان را برآورده می کند. لایه ی بالایی خاک در عمق ۸-۶ سانتیمتری نهاده اصلی فعالیت‌های زراعی قرار دارد (۴). متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور نامتعادل بوده و مطابقتی با نیاز واقعی گیاه ندارد (۵).

امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید، در واحد سطح استفاده می شود. منتها این کود بایستی بتواند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقا داده و محیط زیست را آلوده نکند. در سالهای اخیر رشد مصرف کودهای شیمیایی در ایران بسیار سریع بوده و علاوه بر تولیدات داخلی، از کشورهای دیگر نیز واردات صورت گرفته است. به طور مثال واردات کود دی آمونیوم فسفات، سولفات آمونیوم و کلرید پتاسیم به ترتیب ۱۲۸۹۸۱، ۵۸۰۶۰ و ۶۳۰۰۰ تن در سال ۲۰۰۷ می باشد (سازمان خوارو بار جهانی[3]، ۲۰۰۷).

در این مدت نه تنها افزایش عملکرد محصولات کشاورزی با رشد مصرف کودهای شیمیایی متناسب نبوده بلکه در رابطه با بعضی محصولات عملکرد در واحد سطح نیز عمدتاً به دلایل متعددی از جمله ضعف اطلاعات علمی کشاورزان و طرز استفاده از کود و غیره افزایش چندانی نیافته است (۵).

در ایجاد حداکثر عملکرد، تغذیه خاک که توسط مدیریت مصرف کود ایجاد می شود از اهمیت خاصی برخوردار است. تأمین مواد غذایی ماکرو شامل نیتروژن (N)، فسفات (P_2O_5)، پتاسیم (K) که مقدار جذب آنها به وسیله گیاه بیشتر از سایر عناصر غذایی است، از اهمیت خاصی برخوردار است.

عوامل اقتصادی به طرق مختلف می توانند روابط متقابل داشته باشند. بسیاری از این روابط با استفاده از تئوری بازی ها بررسی می‌شود. این تئوری تلاشی برای مطالعه تصمیم سازی در موقعیتی است که ترکیبی از شرایط تضاد و یا هماهنگ وجود دارد. مطالعات بسیاری در زمینه مدیریت مصرف کود صورت گرفته است. برخی از این مطالعات از جمله آسفا و آدمازی (۹) اثرات پذیریش عوامل

۱و۲- دانشجوی دکتری و استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email:fathifateme@yahoo.com)

3- FAO

مختلف چون تحصیلات را بر میزان مصرف کود مورد بررسی قرار دادند. تعدادی از مطالعات اثرات زیست محیطی مصرف کود را در سطح وسیع، مد نظر قرار داده اما تصمیمات زارع را در به کارگیری مصرف کود در نظر نگرفته اند. بیستورن (۱۰) و ریبایدو و همکاران (۱۴) اثرات آلودگی مصرف کودهای نیتروژنی را مد نظر قرار دادند. مینگویز و همکاران (۱۳) و شارما و همکاران (۱۵) برای ترکیبات کود برای تولید شکر از برنامه ریزی هدف استفاده نمودند. قوش و همکاران (۱۱) برای مدیریت تغذیه خاک برای تولید برنج دو هدف حداکثر عملکرد و حداقل نمودن هزینه را بکاربردند. شارما و جانا (۱۶) در مطالعه ای مشابه برای تغذیه خاک در تولید محصول برنج از تکنیک برنامه ریزی فازی استفاده نمودند.

بیشترین تولید ذرت دانه ای کشور با ۲۹ درصد از تولید کشور به استان فارس تعلق دارد (۱) و در تولید این محصول علاوه بر مدیریت آب و عملیات کشاورزی تغذیه خاک از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین در مطالعه حاضر مدیریت تغذیه و تأمین ماده غذایی خاک، حداکثر کردن عملکرد، حداقل کردن هزینه برای خرید کود و محدود کردن مصرف کود در یک محدوده خاص با توجه به آزمایشات خاکشناسی برای جلوگیری از آلودگی زیست محیطی در نظر گرفته شد. در مطالعه حاضر تصمیمات زارع در به کارگیری مصرف کود که با هزینه خرید کود درنظر گرفته شده است به عنوان یک بازیگر در نظر گرفته شد و از سوی دیگر عملکرد متناظر با انتخاب این هزینه به عنوان بازیگر دوم انتخاب شدند. تئوری بازی را می توان تئوری تصمیم گیری دانست. تئوری بازی مدلی را ارائه می دهد که بر طبق آن می توان استراتژی های مختلف را با یکدیگر مقایسه کرده و نتیجهٔ بازی را پیش بینی کرد. در این شرایط علاوه بر در نظر گرفتن شرایط کشاورز، محیط زیست نیز در نظر گرفته شد. بنابراین این ارتباطات با استفاده از تئوری بازی ها مورد بررسی قرار می گیرد تا بر اساس آن تغذیه مناسب انتخاب گردد.

مواد و روش ها

در این مطالعه استراتژی‌های مختلف هزینه از سوی کشاورز و عملکردهای مختلف ذرت به عنوان بازیگران بازی، در نظر گرفته شدند. به بیان دیگر کشاورز با توجه به وضعیت اقتصادی خود هزینه-ای را برای خرید کود در نظر می گیرد و عملکردهایی متفاوتی پیش روی او قرار می گیرد که بسته به مقدار و نوع کودهای مصرفی (مقدار ماده غذایی اضافه شده به خاک) عملکردهای متفاوتی در پی خواهد داشت. با حل این بازی می توان 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 ارائه می گردد.

برای بدست آوردن نتایج (payoff) تئوری بازی ها از برنامه ریزی آرمانی استفاده شد. در ابتدا چگونگی بدست آوردن نتایج بازی ارائه شده و در انتها جواب تئوری بازی ها مورد بررسی قرار می گیرد. بازی های دو نفره به دو دسته تقسیم می شوند: الف) با ثبات (دارای نقطه زینی)، ب) بی ثبات (فاقد نقطه زینی). در این نوع بازی ها از معیار ماکسی مین و مینی ماکس برای تعیین بهترین استراتژی رقبا و ارزش بازی ها استفاده می شود. در بازی های با ثبات که در مطالعه حاضر نیز از این نوع می باشد همواره داریم $\text{Minimax} = \text{Maximin}$ که یک استراتژی برای رقبا بهترین استراتژی است (۵).

برای انجام مطالعه منطقه کوشکک استان فارس به عنوان یک منطقه که تحقیقات کشاورزی بسیاری در آن منطقه صورت می گیرد، انتخاب گردید. اطلاعات لازم در خصوص آزمایشات خاکشناسی مزرعه، عملکرد های مورد انتظار در منطقه و داده‌های لازم برای بررسی رابطه میان مصرف کودهای مختلف و عملکرد ذرت از مطالعات علمی و پایان نامه های انجام گرفته در این زمینه‌ها استفاده شد (۲، ۳، ۶ و۷). قیمت هر واحد کود از متوسط قیمت کودهای عرضه شده توسط شرکت های فروش کود جمع آوری شد.

برای بدست آوردن ترکیب کودهای بهینه بر اساس نیاز خاک، حداکثر عملکرد مورد نظر و هزینه در نظر گرفته شده از سوی کشاورز از برنامه ریزی آرمانی استفاده شد. در تابع هدف مقدار انحرافات نامطلوب از اهداف در نظر گرفته شده حداقل می گردد. در این مطالعه آرمان هزینه، حداقل ماده غذایی مورد نیاز خاک، حداکثر ماده غذایی لازم و آرمان عملکرد در نظر گرفته شد. بنابراین لازم است تا انحرافات نامطلوب از این اهداف در نظر گرفته شده حداقل گردد. در رابطه (۱) تابع هدف نشان داده شده است.

$$\text{lin} \quad d_1^+ + d_{1+q}^- + d_{Q+q+1}^+ + d_{2Q+2}^- \qquad (۱)$$

که در آن d_1^+ میزان انحراف مثبت از آرمان هزینه، d_{1+q}^- انحراف منفی از حداقل ماده غذایی مورد نیاز خاک، d_{Q+q+1}^+ انحراف مثبت از آرمان حداکثر ماده غذایی مورد نیاز خاک، d_{2Q+2}^- انحراف منفی از آرمان عملکرد می باشد.

در رابطه (۲) T مقدار هزینه های مختلف که کشاورز می تواند در نظر بگیرد. P_n قیمت هر کیلوگرم کود و x_n متغیر تصمیم است که انواع کودهای مختلف را نشان می دهد. در جدول (۱) متغیرهای تصمیم که انواع کودها می باشند تعریف شده است.

$$\sum_{n=1}^{n} P_n x_n + d_1^- - d_1^+ = T \qquad (۲)$$

رابطه (۳) محدودیت حداقل نیاز خاک را با توجه به درصد مواد غذایی کودهای مختلف نشان می دهد. $A_n^{(q)}$ درصد ماده غذایی

$$\sum_{n=1}^{N} A_n^{(q)} x_n + d_{1+q}^{-} - d_{1+q}^{+} = L^{(q)} \quad (۳)$$

$(q = 1,2,...,Q).$

کودهای مختلف است که در جدول(۱) نشان داده شده است. q نوع ماده غذایی است که برای نیتروژن، فسفات و پتاسیم تعریف شده است. این محدودیت برای نیتروژن، فسفات و پتاسیم تعریف شد. $L^{(q)}$ حداقل مقدار ماده غذایی مورد نیاز خاک است که براساس آزمایشات خاکشناسی در منطقه مورد مطالعه تعیین شد (۲ و ۶).

در رابطه (۴) محدودیت حداکثر ماده غذایی که می توان به خاک داد به مدل اضافه می شود. $U^{(q)}$ حداکثر ماده غذایی (کیلوگرم بر هکتار) است که برای سه ماده غذایی اصلی نیتروژن، فسفات و پتاسیم تعریف می شود. در صورتی که کشاورز از مقدار و نوع کود نامناسب استفاده نماید عملکرد را افزایش نداده و علاوه بر این که هزینه بیشتری را برای کشاورز بوجود می آورد آلودگی آب و خاک را بوجود می آورد. این محدودیت از بوجود آمدن آلودگی های زیست محیطی جلوگیری می نماید.

$$\sum_{n=1}^{N} A_n^{(q)} x_n + d_{Q+q+1}^{-} - d_{Q+q+1}^{+} = U^{(q)} \quad (۴)$$

$(q = 1,2,...,Q)$

میزان مصرف کود بر روی عملکرد (Y) اثر گذار است بنابراین رابطه میان عملکرد ذرت و کودهای مصرفی می تواند به عنوان محدودیت وارد مدل شود. برای تخمین این رابطه $(Y = ax_n + b)$ از داده های پایان نامه های انجام شده در زمینه زراعت استفاده شد (۳،۲ و ۸). در این پایان نامه ها با درنظر گرفتن شرایط یکسان برای تولید ذرت، اثر میزان مختلف کود بر عملکرد اندازه گیری شده است که از نتایج آن ها در این مطالعه استفاده گردید. در تخمین این رابطه $b = 7967$ و $a = 2.6$ بدست آمد. این رابطه به عنوان محدودیت به مدل اضافه گردید. با توجه به میزان بدست آمده به ازای عملکردهای مختلف میزان بهینه کودهای مختلف نیز تغییر می کند.

$$a\sum_{n=1}^{N} x_n + d_{2Q+2}^{-} - d_{2Q+2}^{+} = Y - b \quad (۵)$$

با حل مدل برنامه ریزی آرمانی با استفاده از بسته نرم افزاری Gams22.7 در هر سطحی از هزینه و کود میزان بهینه مصرف انواع کودها مشخص شدند. با توجه به جدول (۱) و مقدار بهینه کودهای ارائه شده توسط مدل، برای هر سطح عملکرد و هزینه، مقدار ماده غذایی داده شده به خاک (b_{ij}) بر اساس این رابطه $\sum_{n=1}^{N} x_n A_n^{(q)} = b_{ij}$ بدست آمد. b_{ij} مقدار ماده غذایی داده شده به خاک را نشان می دهد که به عنوان نتایج تئوری بازی ها ارائه گردید. برای حل بازی با بدست آوردن نقطه زینی و روش حداکثر حداقل ها استفاده شد.

جدول۱- تعریف متغیرهای تصمیم و ترکیبات ماده غذایی مرتبط با آنها

متغیر	تعریف	نیتروژن (N (%))	فسفر (P_2O_5 (%))	پتاسیم (K_2O (%))
x_1	اوره	۴۶	–	–
x_2	سولفات آمونیوم	۲۰/۳	–	–
x_3	نیترات آمونیوم	۳۴	–	–
x_4	فسفات آمونیوم	۱۴	۶۰	–
x_5	سولفات پتاسیم	–	–	۴۸
x_6	سوپر فسفات تریپل	۴۶	–	–
x_7	دی آمونیوم فسفات	۱۸	۴۶	–

مأخذ: ملکوتی (۱۳۷۹)

نتایج و بحث

در جدول (۲) مقدار ماده غذایی داده شده به خاک با توجه به حل مدل برنامه ریزی آرمانی آورده شده است. به طور مثال اگر کشاورز هزینه $T = ۸۱۰۰۰۰$ ریال را برای خرید کود در نظر بگیرد و عملکرد $Y = ۱۲۰۰۰$ کیلوگرم در هکتار پیش روی وی باشد، با حل مدل برنامه ریزی آرمانی جواب بهینه کود اوره (x_1) ۶۷۵ کیلوگرم در هکتار بدست می آید که با توجه به جدول (۱) مقدار ماده غذایی حاصل از این مقدار کود معادل $\sum_{n=1}^{N} x_n A_n^{(q)} = ۳۱۰/۵$ است. این مقدار در ردیف سوم و ستون دوم جدول مشخص شده است. اگر کشاورز ۲۰۱۰۰۰۰ ریال را هزینه کند و عملکرد ۱۰۵۶۰ باشد مدل برنامه ریزی آرمانی ،کود اوره ۲۹۶/۹، سولفات آمونیوم ۳۳۱/۷، سولفات پتاس ۲۰، سوپرفسفات تریپل ۳۴۷/۸ کیلوگرم در هکتار را پیشنهاد می نماید که ماده غذایی حاصل از این ترکیب کود برابر با $\sum_{n=1}^{N} x_n A_n^{(q)} = ۳۷۸/۲۲$ می باشد این مقدار در ستون ششم و ردیف هشتم جدول (۲) مشخص شده است. به همین ترتیب برای بیش از ۱۰۰ حالت مختلف عملکرد و هزینه مورد نظر کشاورز مدل حل شد بسیاری از حالات شبیه به یکدیگر شدند و مقدار تغذیه یکسانی بدست آمد. این حالات مشابه حذف شد و حالات باقیمانده که هفت حالت مختلف برای تصمیمات هزینه ای کشاورز می باشد درنظر گرفته شد. مقادیر هزینه در نظر گرفته شده به اندازه ۲۴۰۰۰۰ ریال به هدف هزینه اولیه اضافه شد که در ستون ۱ جدول (۲) آورده شده است. مقدار عملکرد به اندازه ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار از مقدار حداکثر عملکرد مورد تقاضای کشاورز کم شد و در ردیف ۱ جدول (۲)

نوشته شد. مقادیر بهینه کود در هر حالت و درنتیجه مقدار ماده غذایی داده شده به خاک بدست آمد و در جدول (۲) به عنوان نتایج تئوری-بازی‌ها ارائه گردید. یکی از معیارهای مورد استفاده برای حل بازی‌ها، معیار حداکثر حداقل‌ها است. این معیار بر این اصل استوار است که کشاورز از میان بدترین حالت های ممکن، بهترین را انتخاب می‌نماید. بعبارتی کشاورز بر این باور است که بدترین‌حالت برای وی رخ می‌دهد و بر همین اساس از میان این حالات، بهترین را انتخاب می‌کند (۱۲).

بازی با بدست آوردن نقطه زینی حل شد. مقدار ماکزیمم ستون‌ها در ردیف آخر جدول (۲) و مقادیر مینیمم ردیف ها در ستون آخر این جدول مشخص شده است. به عبارت دیگر $\min_j\max_i(b_{ij})=\max_i\min_j(b_{ij})=$۳۹۵/۰۷ است. ۳۹۵/۰۷ کیلوگرم در هکتار ماده غذایی داده شده به خاک می باشد که معادل با کود اوره ۳۹۵/۳ کیلوگرم و کود سوپرفسفات تریپل ۱۹۵/۶ کیلوگرم، می باشد که با حل مدل برنامه ریزی آرمانی بدست آمده است. زارع با هزینه ۱۰۵۰۰۰۰ ریال و دریافت ۱۰۲۰۰ کیلوگرم در هکتار ذرت، تغذیه برابر با ۳۹۵/۰۷ کیلوگرم در هکتار را برای خاک تأمین می کند که این مقدار در جدول (۲) به شکل هاشورخورده مشخص شده است.

مقدار بهینه متغیرهای تصمیم حاصل از انتخاب جواب بهینه با استفاده از تئوری بازی ها در جدول (۳) نشان داده شده است.

در حالت انتخاب شده توسط تئوری بازی ها به هدف‌های حداقل و حداکثر ماده غذایی به طور کامل می توان دست یافت. به بیان دیگر میزان انحرافات مثبت (d^+_{Q+q+1}) از هدف حداکثر ماده غذایی درنظر گرفته شده برای نیتروژن، فسفات و پتاسیم صفر بدست آمد. همچنین میزان انحرافات منفی (d^-_{1+q}) برای هدف حداقل ماده غذایی مورد نیاز خاک و میزان انحراف منفی از حداکثر عملکرد (d^-_{2Q+2}) صفر بدست آمد. در منطقه مورد مطالعه بر اساس متوسط مصرف کود کشاورزان، بدون در نظر گرفتن آزمایشات خاکشناسی ۶۰۰۰ کیلوگرم کود ازته (۱۲ کیسه) و ۲۵۰ کیلوگرم کود فسفات (۵ کیسه) و کود پتاس ۵۰ کیلوگرم می باشد. میزان استفاده از کود بیش از نیاز خاک بوده که مشکلات زیست محیطی را ایجاد می نماید. نتایج بدست آمده نشان می دهد که میزان کودهای ارائه شده می‌تواند از مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی که کشاورزان منطقه استفاده می نمایند جلوگیری نماید و کشاورزان را به سمت ترکیب تغذیه ای خاک به گونه ای هدایت نماید که علاوه بر داشتن حداکثر عملکرد، از آلودگی زیست محیطی جلوگیری شود.

نتیجه گیری و پیشنهادات

هر کشاورز برای مصرف کود با استراتژی‌های مختلف هزینه ای و همچنین میزان عملکردهای مختلف ذرت روبرو است. کشاورز بر اساس وضعیت سرمایه در دسترس خود برای خرید کودهای مختلف هزینه ای در نظر می گیرد تا به هدف عملکرد مشخصی برسد که بر این اساس مقدار ماده غذایی متفاوتی را برای خاک ایجاد می نماید.

جدول ۲- نتایج تئوری بازی ها برای تصمیمات هزینه برای مصرف کود(ریال) و عملکرد ذرت

تصمیمات هزینه برای مصرف کود(ریال) (i)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) (j)						Min_j
	۱۲۰۰۰	۱۱۶۴۰	۱۱۲۸۰	۱۰۹۲۰	۱۰۵۶۰	۱۰۲۰۰	
۸۱۰۰۰۰	۳۱۰/۵۰	۳۱۰/۵۰	۳۱۰/۵۰	۳۱۰/۵۰	۳۱۰/۵۰	۳۱۰/۵۰	۳۱۰/۵۰
۱۰۵۰۰۰۰	۴۰۲/۵۰	۴۰۲/۵۰	۴۰۲/۵۰	۴۰۲/۵۰	۴۰۲/۵۰	۳۹۵/۰۷	۳۹۵/۰۷
۱۲۹۰۰۰۰	۴۹۴/۵۰	۴۹۴/۵۰	۴۹۴/۵۰	۴۹۴/۵۰	۴۵۸/۷۶	۳۹۳/۶۰	۳۹۳/۶۰
۱۵۳۰۰۰۰	۵۸۶/۵۰	۵۸۶/۵۰	۵۸۶/۱۵	۵۲۲/۴۵	۴۴۶/۷۵	۳۵۹/۳۴	۳۵۹/۳۴
۱۷۷۰۰۰۰	۶۷۸/۵۰	۶۴۹/۸۴	۵۸۶/۵۰	۴۹۹/۹۰	۴۱۲/۴۸	۳۲۵/۰۷	۳۲۵/۰۷
۲۰۱۰۰۰۰	۷۱۳/۵۳	۶۴۰/۴۶	۵۵۳/۰۵	۴۶۵/۶۳	۳۷۸/۲۲	۲۹۰/۸۰	۲۹۰/۸۰
۲۲۵۰۰۰۰	۶۹۳/۶۱	۶۰۶/۲۰	۵۱۸/۷۸	۴۳۱/۳۷	۳۴۳/۹۵	۳۷۰/۰۰	۳۴۳/۹۵
Max_i	۷۱۳/۵۳	۶۴۹/۸۴	۵۸۶/۵۰	۵۲۲/۴۵	۴۵۸/۷۶	۳۹۵/۰۷	

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۳- مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم در حالت انتخاب شده با استفاده از تئوری بازی ها

مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم	x_6	x_1	d^-_{2Q+2}	d^+_{Q+q+1}	d^-_{1+q}	d^+_1
	۱۹۵/۶	۳۹۵/۳	۰	۰	۰	۲۳۴۳۰

مأخذ: یافته های تحقیق

در این مطالعه با در نظر گرفتن استراتژی های هزینه کشاورز و عملکردهای مختلف ذرت ترکیبات مختلف کود ارائه شد به گونه ای که نیاز خاک تأمین شده و در عین حال از مصرف بیش از حد کود و درنتیجه ایجاد آلودگی خاک جلوگیری به عمل آید. نتایج حاصل به کشاورز در جهت انتخاب ترکیب کود بهینه کمک می نماید. بنابراین پیشنهاد می شود با درنظر گرفتن آزمایشات خاکشناسی در مناطق مختلف (مزارع مختلف) میزان بهینه کود با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی کشاورز در تأمین هزینه مورد نیاز برای خرید کود، بدست آمده تا مدیریت اصولی مصرف کود در رسیدن به هدف حداکثر عملکرد و حداقل آسیب های زیست محیطی تأمین گردد.

منابع

۱- آمارنامه کشاورزی جلد اول. محصولات زراعی ۸۵-۱۳۸۴. ۱۳۸۸. تهران: وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. دفترآمار و فناوری اطلاعات وزارت جهادکشاورزی.

۲- شاهرخ‌نیا م. ۱۳۸۸. تعیین ضرایب گیاهی و تبخیر – تعریق بالقوه دو گیاه گندم و ذرت با استفاده از لایسیمتر وزنی در منطقه کوشکک فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.

۳- صادقی ح. ۱۳۷۹. تاثیر تراکم بوته و مقادیر کود ازته بر ویژگی های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L). در منطقه کوشکک استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.

۴- عاقلی کهنه شهری ل. و صادقی ح. ۱۳۸۴. برآورد آثار اقتصادی فرسایش خاک در ایران. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی شماره ۱۵. ص ۸۷-۱۰۰.

۵- فدوی ع. ۱۳۸۴. مجموعه کامل و طبقه بندی شده پژوهش عملیاتی. تهران. نگاه دانش.

۶- مجیدیان م. ۱۳۷۹. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن وتنش رطوبت در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.

۷- ملکوتی م. ۱۳۷۹. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودهای شیمیایی. چاپ پنجم.دانشگاه تربیت مدرس.

۸- نهضتی پاقلعه ع. ۱۳۸۷. اصلاح و ارزیابی مدل شبیه‌سازی رشد گیاه ذرت (MSM) نسبت به تراکم‌های مختلف گیاه در مقادیر متفاوت کود نیتروژن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.

9- Asfaw A., and Admassie A. 2004. The role of education on the adoption of chemical fertilizer under different socioeconomic environments in Ethiopia. Agricultural Economics, 30: 215–228.

10- Bystrom O. 1998. The nitrogen abatement cost in wetlands. Ecological Economics, 26: 321–331.

11- Ghosh D., Sharma K., and Mattison D. 2005. Goal programming formulation in nutrient management for rice production. International Journal of Production Economics, 95 (1): 1–7.

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

13- Minguez M.I., Romero C., and Domingo J. 1988. Determining optimum fertilizer combinations through goal programming with penalty functions: an application to sugar beet production in Spain. The Journal of Operational Research Society, 39 (1): 61–70.

14- Ribaudo M., Heimlich R., Claassen R., and Peters M. 2001. Least-cost management of non point source pollution: source reduction versus interception strategies for controlling nitrogen loss in the Mississippi Basin. Ecological Economics, 37: 197-183.

15- Sharma D.K., Ghosh D., and Alade J.A. 2003. Management decision-making for sugar cane fertilizer mix problems through goal programming. Journal of Applied Mathematics and Computing, 13 (1–2): 323–334.

16- Sharma D., and Jana R.K. 2009. Fuzzy goal programming based genetic algorithm approach to nutrient management for rice crop planning. International Journal of Production Economics, 121: 224–232.