Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Evaluation of management factors affecting soybean [*Glycine max* (L.) Merril] yield gap in Mazandaran province using comparative performance analysis (CPA)

Faezeh Mohammadi Kashka[1], Zeinolabedin Tahmasebi Sarvestani[2*], Hemmatollah Pirdashti[3], Ali Motevali[4], Mehdi Nadi[5]

[1]Ph.D. student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Email: faezemohammadi8@gmail.com
[2]Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Email: tahmaseb@modares.ac.ir
[3]Professor, Department of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir
[4]Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: a.motevali@sanru.ac.ir
[5]Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: mehdi.nadi@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/06/09
Revised: 2021/07/17
Accepted: 2021/08/07

Keywords:
Attainable yield
Food security
Comparative performance analysis (CPA)
Crop management
Sulfur

ABSTRACT

Background and objectives: Closing the gap between actual yields which are currently obtained from the fields (actual field yields) and the maximum yields that can be achieved under favorable management conditions (attainable yield) is one of the most critical problems in crop production in Iran and the world. Quantifying the yield gap and identifying its primary causes for this purpose can be a key and promising strategy to increase production per unit area and to achieve food security. Mean while, considering the importance of oilseeds like soybean [*Glycine max* (L.) Merril] in the global economy and the need for edible oils and vegetable proteins, estimating and identifying the causes of the yield gap, while increasing production, it can improve land use and labor efficiency, and leads to costs saving and sustainable production. In this way, a survey study was conducted in 2019 to identify and determine the share of each of the management factors affecting the soybean yield gap in 301 farms in Mazandaran province.

Materials and Methods: In the present survey, CPA method was used to investigate the decision-making factors which limit soybean yield and to estimate its yield gap in 13 soybean cultivated cities of Mazandaran province. For this purpose, all information relevant to crop management, from seedbed preparation to harvesting, was gathered through interviews with 301 soybean producers. These management factors included items such as use or non-use of a plow, number of secondary tillage, planting method, field area, previous crop, the used cultivar, seed rate and its preparation site, inoculation/non-inoculation of seeds with N-fixing bacteria, type and the amount of fertilizers, type, amount, and number of herbicides, fungicides, and insecticides usages, number of irrigations and the amount of used water, irrigation type and harvesting methods. Field monitoring data included 81 quantitative and qualitative crop management variables that the relationship between all these variables and actual field yields was analyzed using stepwise regression in SAS (v9.1) software. Finally, the contribution of each limiting factor to the creation of a yield

gap was determined using the resulting production function and management parameters values.

Results: The findings of this study revealed that of the 81 studied management variables, the final production function with 10 independent variables was selected. These variables included the sari variety (J.K-695), previous crop (faba bean), use the row planter, number of secondary tillage, sulfur rate, application of herbicide, KCl, and $(NH_4)_2HPO_4$ fertilizers, sprinkler irrigation system, and surface irrigation, which were identified as the main limiting factors for soybean yield in Mazandaran province. Based on the difference between the average actual yield recorded on farms (2464.97 Kg ha^{-1}) and the maximum attainable yield (6028.66 Kg ha^{-1}) predicted by the production function, the yield gap was 3563.70 kg ha^{-1}, which is three factors including sulfur rate, previous crop (faba bean) and sprinkler irrigation system with the values of 873.87, 620.49 and 546.33 kg ha^{-1}, respectively, had the highest share (24.52, 17.41 and 15.33%, respectively) in the soybean yield gap.

Conclusion: According to the predicted attainable yield which derived from actual farm data it seems that adoption of proper crop managements such as using sulfur fertilizer resources appropriate to plant needs, an appropriate crop rotation and selection of plants suitable for rotation, providing facilities and modernization of agricultural machinery, and develop and promote new irrigation can reduce this gap (59%) and significantly improve soybean yield in Mazandaran province.

Cite this article: Mohammadi Kashka, F., Tahmasebi Sarvestani, Z.A., Pirdashti, H., Motevali, A., Nadi, M. 2022. Evaluation of management factors affecting soybean [*Glycine max* (L.) Merril] yield gap in Mazandaran province using comparative performance analysis (CPA). *Crop Production*, 15 (1), 73-100.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJCP.2022.19128.2427
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۷۳۹x-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۳-۲۰۰۸
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

ارزیابی عوامل مدیریتی مؤثر بر خلأ عملکرد سویا در استان مازندران با روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA)

فائزه محمدی کشکا[۱]، زین‌العابدین طهماسبی سروستانی[۲*]، همت‌اله پیردشتی[۳]، علی متولی[۴]، مهدی نادی[۵]

۱.دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، رایانامه: faezemohammadi8@gmail.com
۲.دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، رایانامه: tahmaseb@modares.ac.ir
۳.استاد، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: h.pirdashti@sanru.ac.ir
۴.دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: a.motevali@sanru.ac.ir
۵.استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: mehdi.nadi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۶

واژه‌های کلیدی:
امنیت غذایی
تحلیل مقایسه کارکرد
عملکرد قابل‌حصول
گوگرد
مدیریت زراعی

چکیده

سابقه و هدف: از آنجایی که اختلاف بین عملکرد واقعی و عملکرد قابل دست‌یابی تحت شرایط مطلوب مدیریتی یکی از مشکلات اساسی تولید گیاهان زراعی در ایران و جهان می‌باشد؛ کمی‌سازی میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن می‌تواند راهبردی کلیدی و امیدوارکننده برای افزایش تولید و دستیابی به امنیت غذایی باشد. در این بین با توجه به اهمیت گیاهان دانه روغنی از جمله سویا (*Glycine max* (L.) Merril) در اقتصاد جهانی و نیاز به روغن‌های خوراکی و پروتئین‌های گیاهی، برآورد خلأ عملکرد این محصولات و شناسایی عوامل ایجادکننده آن، ضمن افزایش تولید، می‌تواند سبب بهبود کارایی استفاده از زمین و نیروی کار شده که در نتیجه آن منجر به کاهش هزینه‌ها و پایداری تولید می‌گردد. بنابراین، پژوهشی به‌صورت پیمایشی در سال ۱۳۹۸ به‌منظور شناخت و تعیین سهم هر یک از عوامل مدیریتی مؤثر بر خلأ عملکرد سویا در ۳۰۱ مزرعه استان مازندران انجام شد.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) جهت بررسی عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد سویا و برآورد خلأ عملکرد آن در ۱۳ شهرستان تحت کشت سویا استان مازندران استفاده شد. به این منظور، تمامی اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت محصول مانند استفاده یا عدم استفاده از شخم، تعداد دفعات شخم ثانویه، روش کاشت، مساحت مزرعه، محصول پیشین، رقم مورد استفاده، مقدار بذر مصرفی و محل تهیه آن، تلقیح یا عدم تلقیح بذور با باکتری، نوع و مقدار کودهای مصرفی، نوع، مقدار و تعداد دفعات مصرف علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش، تعداد دفعات آبیاری و میزان آب مصرفی، روش‌های آبیاری و شیوه برداشت محصول به‌صورت مراجعه حضوری و گفتگوی مستقیم با سویاکاران جمع‌آوری شد. داده‌های گردآوری شده از پایش مزارع در مجموع شامل ۸۱ متغیر کمی و کیفی مدیریت زراعی بودند که رابطه تمامی این متغیرها و عملکرد واقعی به‌دست آمده از مزارع با استفاده از رگرسیون گام به گام در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت با استفاده از معادله تولید به‌دست آمده و مقادیر مؤلفه‌های مدل، سهم هر یک از عوامل محدودکننده در ایجاد خلأ عملکرد مشخص شدند.

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که از ۸۱ متغیر مدیریت زراعی مورد بررسی در این مزارع، مدل

نهایی تولید با ۱۰ متغیر مستقل رقم ساری، محصول قبلی باقلا، کاشت بذر با ردیف‌کار، شمار شخم ثانویه، مقدار گوگرد مصرفی، کاربرد کود پتاسیم کلرید، کود دی‌آمونیوم فسفات، کاربرد علف‌کش، سیستم آبیاری بارانی متحرک و آبیاری سطحی به‌عنوان عوامل اصلی محدودکننده عملکرد سویا در مازندران انتخاب شدند. میزان خلأ عملکرد به‌دست آمده بر پایه اختلاف بین متوسط عملکرد واقعی ثبت شده از مزارع و عملکرد مطلوب (به‌ترتیب ۲۴۶۴/۹۷ و ۶۰۲۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار) برآورد شده با مدل (عملکرد قابل‌حصول) ۳۵۶۳/۷۰ کیلوگرم در هکتار بود که سه عامل مقدار گوگرد مصرفی، محصول قبلی باقلا و سیستم آبیاری بارانی متحرک به‌ترتیب با مقادیر ۸۷۳/۸۷، ۶۲۰/۴۹ و ۵۴۶/۳۳ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین سهم (به‌ترتیب ۲۴/۵۲، ۱۷/۴۱ و ۱۵/۳۳ درصد) را در خلأ عملکرد به‌وجود آمده داشتند.

نتیجه‌گیری: با توجه به برآورد عملکرد قابل‌حصول از داده‌های مشاهده شده مزارع، به‌نظر می‌رسد که با اعمال مدیریت صحیح زراعی نظیر استفاده از منابع کود گوگردی متناسب با نیاز گیاه، برقراری تناوب صحیح زراعی و وارد نمودن گیاهان مناسب در تناوب، ارائه تسهیلات و نوسازی ماشین‌آلات کشاورزی، توسعه و ترویج روش‌های نوین آبیاری بتوان این خلأ به‌وجود آمده (۵۹ درصد) را کاهش و میزان عملکرد سویا را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشید.

استناد: محمدی کشکا، ف.، طهماسبی سروستانی، ز.، پیردشتی، هـ، متولی، ع.، نادی، م. (۱۴۰۱). ارزیابی عوامل مدیریتی مؤثر بر خلأ عملکرد سویا در استان مازندران با روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA). *تولید گیاهان زراعی*، ۱۵ (۱)، ۱۰۰-۷۳.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19128.2427

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

روند رو به رشد جمعیت جهان از یک سو و از سوی دیگر ارتقای سطح زندگی منجر به افزایش چشم‌گیر تقاضا برای مواد غذایی مختلف و متنوع شده است. با این حال، منابع آب و همچنین زمین‌های قابل کشت محدود است و این محدودیت منجر به روی آوردن بخش کشاورزی به‌عنوان تأمین‌کننده غذا به روش‌هایی شده که میزان عملکرد را در واحد سطح بهبود دهند (۳۶). در سال‌های اخیر گرچه کشاورزی فشرده سبب افزایش تولید در واحد سطح شده اما به‌دلیل مصرف بیش‌تر کودها و سموم شیمیایی، تجهیزات کشاورزی و دیگر نهاده‌ها نه‌تنها سبب وخیم‌تر شدن مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف گسترده نهاده‌ها شده است؛ بلکه به‌دلیل مغایرت با اصول توسعه پایدار امنیت غذایی را، که مستقیماً به تغذیه و سلامت بشر مربوط می‌شود؛ در سال‌های آینده با چالش مواجه کرده است (۳۴، ۶۷). در هر حال عملکرد محصولات زراعی باید طی دهه‌های آینده به میزان قابل‌توجهی افزایش یابد تا بتواند پاسخ‌گوی تقاضای جهانی غذا ناشی از رشد جمعیت و درآمد باشد (۷۱).

به‌عنوان یک راهبرد کلیدی و امیدوارکننده برای افزایش تولید در واحد سطح، کمی‌سازی و از بین بردن خلأ عملکرد یعنی فاصله (خلأ) بین عملکرد واقعی به‌دست آمده از سطح مزارع و عملکرد قابل دست‌یابی تحت شرایط مطلوب مدیریتی (۳۶) می‌تواند ضمن افزایش تولید مواد غذایی و کاهش چشم‌گیر ردپای محیط‌زیستی بخش کشاورزی (۲۵) سبب دست‌یابی به امنیت غذایی بدون تخریب محیط‌زیست نیز گردد (۷۲). عملکردهایی که کشاورزان از مزارع خود به‌دست می‌آورند به‌عنوان مقدار ماده با ارزش (یا اقتصادی) گیاه در واحد سطح تعریف می‌شود که خود تحت تأثیر عواملی چون کیفیت خاک، ژنتیک گیاه، شرایط محیطی (بارندگی، دما، نور خورشید) و مدیریت انسانی نظیر آبیاری، کوددهی، مدیریت آفات و بیماری‌ها و عوامل کشت محدود می‌شوند. این عوامل محدودکننده عملکرد تحت عنوان عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد نامیده می‌شوند (۶۳) که اغلب از میان این عوامل محدودکننده، عوامل مدیریتی و خاکی در مطالعات برای توضیح خلأ عملکرد در نظر گرفته می‌شوند (۷). تجزیه و تحلیل خلأ عملکرد با تعیین این عوامل و متغیرهای تأثیرگذار بر کاهش عملکرد و همچنین با کمی‌سازی آن‌ها (۶۳) زمینه شناسایی مهم‌ترین محصول و عوامل خاکی و مدیریتی محدودکننده عملکرد فعلی مزارع را فراهم می‌کند و با ارائه راهکارهایی برای کاهش خلأ به‌وجود آمده موجب افزایش عملکرد در واحد سطح می‌گردد (۷۱).

روش تحلیل مقایسه کارکرد[1] (CPA) به‌عنوان یکی از روش‌های کمی کردن خلأ عملکرد (۱۶)، گزینه مناسبی است که با استفاده از رگرسیون چندگانه به روش گام به گام و تعیین مدل تولید می‌تواند محدودیت‌های اصلی عملکرد را شناسایی و در نتیجه می‌توان نسبت به حذف یا کاهش این عوامل کاهنده عملکرد اقدام نمود. نتایج مطالعه راجاپاکس (۲۰۰۳) در بررسی خلأ عملکرد برنج و عوامل ایجادکننده آن با استفاده از این روش در هند نیز مؤید این مطلب است. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل تولید توانست ۵۸ درصد از تنوع عملکرد برنج با متوسط خلأ عملکرد ۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار را توجیه کند. بر این اساس، دفعات مصرف کود، کمبود آب و برداشت دیرهنگام محصول به‌ترتیب با مقادیر ۳۳، ۲۶ و ۱۸ درصد بیش‌ترین سهم را در ایجاد این میزان خلأ عملکرد داشتند. در ادامه ارائه فن‌آوری مناسب همراه با بهبود مهارت‌های مدیریتی کشاورزان را جهت کاهش خلأ عملکرد پیشنهاد دادند (۶۱).

1. Comparative performance analysis (CPA)

تجزیه و تحلیل خلأ عملکرد از گذشته‌های دور نیز مورد توجه بوده است (۳)، اما در چند سال اخیر به‌دلیل افزایش قیمت محصولات زراعی و نگرانی در مورد تأمین امنیت غذای جهانی بسیار مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات در این زمینه نیز به سرعت در حال افزایش است (۷۰). این مطالعات نشان داده‌اند که ارزیابی خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های ممکن و پاسخگو به تقاضای غذا در آینده باشد (۲۵، ۳۶، ۷۱، ۷۲). برای نمونه می‌توان به بررسی خلأ عملکرد سویا در آمریکا (۲۰، ۲۹) و برزیل (۶، ۶۴) و گندم (*Triticum aestivum* L.) در استرالیا (۳۶) و آرژانتین (۴۹) اشاره نمود. کشور ما ایران نیز از این قائده مستثنی نبوده و با در نظر داشتن این مهم که خلأ عملکرد یکی از چالش‌های اصلی تولید گیاهان زراعی در آن می‌باشد؛ چند سالی است که مورد توجه محققین این حوزه قرار گرفته که برای نمونه می‌توان به برآورد میزان خلأ عملکرد و دلایل ایجاد آن در محصولات زراعی مانند گندم، برنج (*Oryza sativa* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) اشاره کرد (۲۸، ۳۱، ۵۶، ۶۸). باید در نظر داشت که دانه سویا به‌ترتیب با دارا بودن حدود ۴۰ و ۲۰ درصد پروتئین و روغن و همچنین حدود ۲۴ مگاژول بر کیلوگرم انرژی، ارزش آن کم از غلات با محتوای انرژی حدود ۱۵ مگاژول بر کیلوگرم نیست (۲۴). به‌علاوه کشور ما ایران با وجود ظرفیت‌های موجود از نظر شرایط اقلیمی و نیروی انسانی مستعد برای کشت دانه‌های روغنی، بخش عمده‌ای از مصارف روغن خوراکی خود را از طریق واردات تأمین می‌کند. این در حالی است که تأمین روغن نباتی برای برقراری امنیت غذایی هر کشور ضروری است (۲). با این حال تنها مطالعه انجام شده در خصوص خلأ عملکرد سویا در کشور محدود به استان گلستان می‌باشد. نتایج این مطالعات نشان داد که متوسط تولید فعلی سویا در شهرستان‌های کلاله (۶۶) و گرگان و علی‌آباد کتول (۵۴) این استان نسبت به حداکثر عملکرد قابل‌حصول در این مناطق به‌ترتیب به میزان ۹۹۶ و ۱۸۷۱ کیلوگرم در هکتار فاصله (خلأ) وجود دارد که عدم استفاده از بذرهای گواهی شده و تاریخ کشت دیرهنگام به‌ترتیب با مقادیر ۲۳/۰۷ و ۱۵/۰۴ درصد در کلاله و تعداد دفعات آبیاری، میزان نیتروژن خالص و فسفر (P_2O_5) مصرفی به‌ترتیب با مقادیر ۲۹، ۲۲ و ۲۰ درصد در شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد کتول مهم‌ترین عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد بودند.

بنابراین، کاهش خلأ عملکرد دانه‌های روغنی از جمله سویا نه‌تنها سبب افزایش تولید دانه‌های روغنی می‌شود؛ بلکه به نوعی می‌تواند سبب بهبود کارایی استفاده از زمین و نیروی کار، کاهش هزینه‌های تولید و در نتیجه افزایش امنیت غذایی گردد (۴۰). در همین راستا و نظر به اهمیت تولید دانه‌های روغنی برای افزایش ضریب امنیت غذایی و لزوم افزایش عملکرد این محصول راهبردی در کشور، این پژوهش با هدف برآورد میزان خلأ عملکرد سویا و شناسایی عوامل ایجادکننده آن در استان مازندران به‌عنوان یکی از مناطق عمده کشت این محصول در شمال ایران (۵۰) طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ به‌منظور بررسی عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد سویا در استان مازندران با وسعتی حدود ۲۳۷۵۶/۴ کیلومترمربع و محدوده جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی انجام شد. این استان شمالی تنها با دارا بودن ۱/۴۶ درصد از مساحت کشور، یکی از قطب‌های مهم تولید محصولات زراعی و باغی ایران محسوب می‌شود. آب و هوای استان با توجه به

جهت وزش باد، ناهمواری‌ها، دوری و نزدیکی به دریا و عرض جغرافیایی به دو نوع آب و هوای معتدل و مرطوب جلگه‌ای و آب و هوای کوهستانی تقسیم می‌شود (۴۷).

کشت سویا در ۱۳ شهرستان این استان یعنی نور، آمل، بابل، بابلسر، جویبار، سیمرغ، قائم‌شهر، سوادکوه شمالی، ساری، میاندورود، نکا، بهشهر و گلوگاه به‌صورت دیم و آبی و تحت دو سیستم کشت مرسوم و مکانیزه انجام می‌شود. جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد از طریق مراجعه حضوری و گفتگوی مستقیم با کشاورزان صورت گرفت. به این منظور مطابق بررسی‌های به عمل آمده از سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران، تعداد کل سویاکاران استان در این سال ۲۳۶۰ نفر بودند که با استفاده از فرمول کوکران (۱۴) حجم نمونه ۳۳۰ نفر تعیین و با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای با انتساب متناسب (۴۱) انتخاب شدند که در نهایت به‌دلیل محدودیت‌های موجود در تحقیقات میدانی، ۳۰۱ مزرعه با روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) مورد پایش و بررسی قرار گرفتند. هدف از پایش این مزارع، ثبت اطلاعات مربوط به تمامی عملیات مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت محصول بود. عوامل مدیریتی مورد بررسی در این مزارع شامل مساحت مزرعه، محصول پیشین، استفاده یا عدم استفاده از شخم، تعداد دفعات شخم ثانویه، رقم مورد استفاده، مقدار بذر مصرفی و محل تهیه آن، تلقیح یا عدم تلقیح بذور با باکتری، روش کاشت، نوع و مقدار کودهای N-P-K، ریزمغذی و حیوانی مصرفی، نحوه کودپاشی، روش کنترل علف‌های هرز، استفاده یا عدم استفاده از سموم شیمیایی، نوع، مقدار و تعداد دفعات مصرف علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش، نوع ادوات سمپاشی، تعداد دفعات آبیاری و میزان آب مصرفی، روش آبیاری و مسائل مربوط به برداشت (شیوه برداشت و میزان عملکرد) بودند که در قالب پرسشنامه و مصاحبه رو در رو با کشاورزان جمع‌آوری شدند. در پایان فصل رشد نیز مقدار عملکرد واقعی برداشت شده از هر مزرعه ثبت شد.

داده‌های گردآوری شده از پایش مزارع در مجموع شامل ۸۱ متغیر کمی و کیفی مدیریت زراعی بودند که پیش از تجزیه و تحلیل داده‌ها، متغیرهای کیفی نظیر تلقیح یا عدم تلقیح بذور با باکتری به‌صورت صفر و یک کدگذاری شدند (۶۹). برای گزینش متغیر و تعیین مدل تولید (عملکرد)، رابطه بین تمامی این متغیرها و عملکرد از طریق رگرسیون چندگانه به روش گام به گام (۶۲) مورد بررسی قرار گرفت. پس از تجزیه نهایی داده‌ها با نرم افزار SAS (v9.1) و تعیین مدل عملکرد، با قرار دادن متوسط و بهترین (مطلوب) مقدار مشاهده شده هر یک از متغیرها (xها) در مزارع مورد بررسی در مدل تولید به‌ترتیب عملکرد متوسط و حداکثر عملکرد قابل‌حصول محاسبه شدند که اختلاف این دو نشان‌دهنده خلأ عملکرد می‌باشد. مقادیر مطلوب با توجه به ضریب‌های به‌دست آمده متغیرها در مدل تولید و کمینه و بیشینه مقدار مصرفی آن‌ها توسط کشاورزان تعیین شد. بر این اساس، چنانچه متغیری در مدل دارای ضریب منفی بود مقدار کمینه و اگر دارای ضریب مثبت بود؛ میزان بیشینه آن به‌عنوان مقدار مطلوب در نظر گرفته شد (۵۶). نسبت مقدار خلأ عملکرد هر عامل یا متغیر به کل آن (خلأ عملکرد) نیز نشان دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلأ عملکرد بوده که به‌صورت درصد نشان داده شد. به این ترتیب که با ضرب مقدار متوسط و مطلوب هر عامل در ضریب مربوط به خود در مدل نهایی عملکرد و آنگاه با کسر این مقادیر به‌دست آمده از هم، میزان خلأ عملکرد برای هر متغیر مشخص شد (۶۹). همچنین با قرار دادن مقدار واقعی به‌دست آمده هر متغیر در تک تک مزارع مورد بررسی در معادله تولید، عملکردهای برآوردی با مدل محاسبه شدند و

سپس رابطه آن‌ها با عملکردهای واقعی به‌دست آمده از این مزارع نیز مورد بررسی قرار گرفت (۱).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به رگرسیون گام به گام جهت تعیین مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی اثرگذار بر عملکرد و مدل تولید نشان داد که از میان ۸۱ متغیر مدیریت زراعی مورد بررسی برای برآورد خلأ عملکرد سویا در استان مازندران، مدل (معادله رگرسیون نهایی) با ۱۰ متغیر مستقل انتخاب شد که بیشینه، کمینه، متوسط و بهترین (مطلوب) مقدار این متغیرهای انتخاب شده به‌همراه عملکرد دانه در مزارع مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. در این مدل رگرسیونی، عملکرد سویا در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته و سایر عوامل مانند رقم مورد استفاده (ساری)، شمار شخم ثانویه و مقدار گوگرد مصرفی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. معادله نهایی عملکرد به‌صورت رابطه رگرسیونی زیر بود:

رابطه ۱:

$$Y\ (kg\ ha^{-1}) = 2267.24 - 320.49\ X_1 + 646.25\ X_2 + 298.34\ X_3 + 75.20\ X_4 + 5.87\ X_5 - 769.09\ X_6 + 384.24\ X_7 + 272.00\ X_8 + 579.03\ X_9 - 349.47\ X_{10}$$

که در آن Y: عملکرد بذر بر حسب کیلوگرم در هکتار، X_1: رقم ساری (J.K-695)، X_2: محصول قبلی باقلا، X_3: کاشت بذر با ردیف‌کار، X_4: تعداد دفعات شخم ثانویه، X_5: مقدار گوگرد مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_6: کاربرد کود پتاسیم کلرید، X_7: کاربرد کود دی‌آمونیوم فسفات، X_8: کاربرد علف‌کش، X_9: سیستم آبیاری بارانی متحرک و X_{10}: آبیاری سنتی (سطحی) می‌باشند.

مطابق یافته‌های شکل ۱، رابطه بین عملکردهای واقعی و برآوردی با مدل تولید نیز معنی‌دار ($P<۰/۰۰۰۱$) بود. جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تغییرات (CV) مدل به‌ترتیب معادل ۴۰۸/۰۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۶/۵۵ درصد بودند. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل (معادله تولید) قابل‌قبول بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودکننده تولید استفاده شود (شکل ۱). بر این اساس با استفاده از این معادله تولید، متوسط و حداکثر عملکرد قابل‌حصول (مطلوب) به‌ترتیب به میزان ۲۴۶۴/۹۷ و ۶۰۲۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شد؛ در حالی که متوسط و حداکثر عملکرد سویا تولیدی در استان مازندران به‌ترتیب ۲۴۶۴/۹۷ و ۵۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ۱). به این ترتیب مقدار کل خلأ عملکرد بر مبنای اختلاف بین متوسط عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل‌حصول معادل ۳۵۶۳/۷۰ کیلوگرم (۵۹ درصد) در هکتار محاسبه شد. این موضوع بیان‌گر این حقیقت است که بین عملکرد فعلی سویاکاران مازندرانی با آنچه که می‌توانند از طریق مدیریت صحیح زراعی به‌دست آورند (یعنی همان عملکرد قابل‌حصول) به میزان حدود ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار فاصله (خلأ) وجود دارد که با مدیریت مناسب و بهینه‌سازی عوامل ایجادکننده آن می‌توان بخش قابل‌توجهی از این خلأ به‌وجود آمده را برطرف نمود. در مطالعه‌ای که اخیراً به‌منظور ارزیابی خلأ عملکرد گیاه دانه روغنی سویا با مدل SSM-iCrop2 در کشور انجام شد؛ این مقدار برای سویا تولیدی در استان گلستان معادل ۲/۴۴ تن در هکتار گزارش شده که بهبود مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان را جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد ۴/۷۳ تن در هکتار مهم دانستند. در ادامه نیز بیان داشتند که در صورت حذف ۸۰ درصد از خلأ عملکرد فعلی می‌توان تولید سویا در استان گلستان را به میزان ۶۶ درصد افزایش داد (۵۳). البته باید خاطر نشان کرد که در واقعیت همیشه خلأ یا فاصله‌ای بین آنچه که به‌عنوان عملکرد پتانسیل برای هر رقم از محصول زراعی در ایستگاه‌های تحقیقاتی پیش‌بینی می‌شود و آنچه که در آزمایش‌های مزرعه‌ای

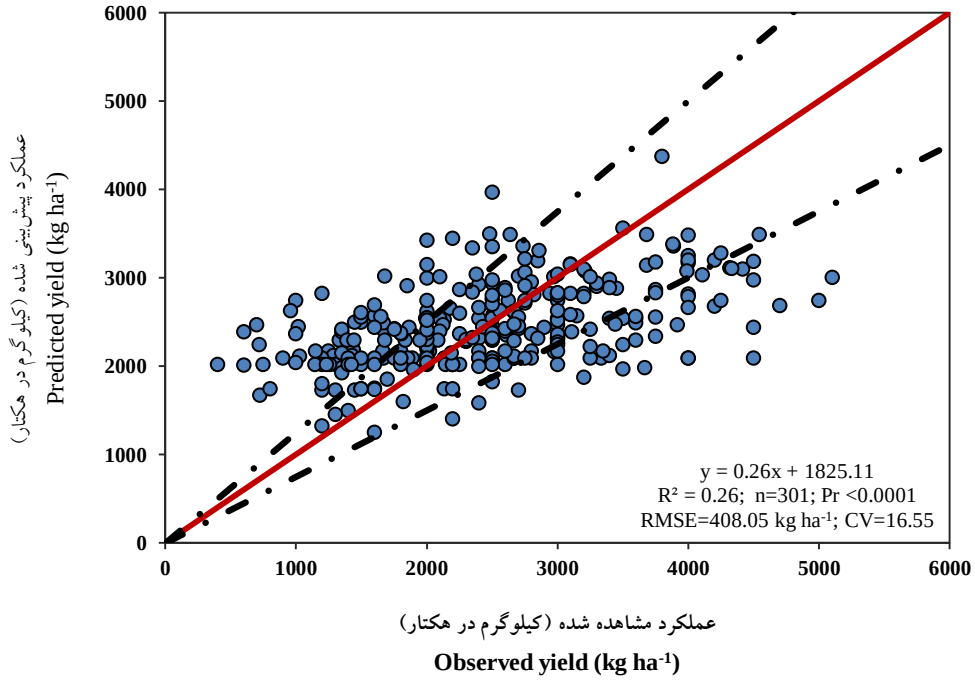
سازمان‌یافته و یا توسط خود کشاورزان برداشت می‌گردد وجود داشته که این موضوع همواره به‌عنوان یک نگرانی و چالش پیش‌روی مدیران تحقیق و توسعه بوده است (۴۰). به‌نظر می‌رسد رشد و نمو یک محصول خود تحت کنترل عوامل فیزیولوژیک، اقلیمی، خاکی، آبی و مدیریتی می‌باشد (۸). از این‌رو، گرچه نمی‌توان بخشی از کاهش عملکرد ناشی از عواملی چون شرایط محیطی نامطلوب را مدیریت کرد (۳۵)؛ اما خلأهای عملکردی ناشی از عوامل محدودکننده و کاهنده رشد نظیر آب، مواد مغذی، علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها به بهبود مدیریت زراعی بستگی داشته (۱۸) که با اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی صحیحی چون تطبیق دقیق‌تر نهاده‌های زراعی با نیاز محصول و استفاده از فن‌آوری‌های سازنده‌تر مثل به‌نژادی می‌توان سبب کاهش بخشی از این خلأ به‌وجود آمده شد (۳۵). همچنین، گفتنی است که کاهش خلأ عملکرد از طریق اقدامات مدیریتی بهتر ممکن است در همه مناطق عملی نباشد؛ زیرا این مهم مستلزم سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی و منابع بیش‌تر است (۶۳). با این حال، دستیابی به ۸۰ تا ۹۰ درصد از پتانسیل عملکرد را برای کشاورزان ممکن و سودآور دانستند که این مهم خود نیازمند مدیریت زراعی مبتنی بر دستورالعمل‌های علمی در جهت بهره‌وری بهتر استفاده از نهاده‌ها می‌باشد (۱۸). در همین راستا، نتایج مطالعه اسپه و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی خلأ عملکرد برنج تولیدی در طی یک دوره ۱۵-۱۳ ساله در ایالات متحده نشان داد که عملکرد فعلی برنج این کشور به ۱۰۰ درصد عملکرد قابل‌حصول دست نیافته و فرصتی جهت افزایش عملکرد این محصول وجود دارد. در این بررسی میزان خلأ عملکرد با فرض اینکه کشاورزان ایالات متحده می‌توانند تا ۸۵ درصد از پتانسیل عملکرد را بهره‌برداری کنند از ۱/۱ تا ۳/۵ تن در هکتار متغیر بود (۲۱). در مطالعه دیگری که به‌منظور افزایش پتانسیل تولید محصولات زراعی گندم، ذرت و سویا از طریق رفع خلأهای عملکردی در آرژانتین انجام شده نیز، میزان خلأ عملکرد ذرت و گندم تولیدی معادل ۴۱ درصد و برای سویا ۳۲ درصد گزارش شده که میزان عملکردهای پتانسیل (آب محدود) برای این محصولات زراعی به‌ترتیب ۱۱/۶۰، ۵/۱۶ و ۳/۹۱ تن در هکتار بود (۴۹). در ادامه بیان داشتند که اگر کشاورزان این کشور بتوانند میزان خلأ عملکرد را به ۲۰ درصد از پتانسیل عملکرد کاهش دهند؛ آرژانتین می‌تواند تولید و صادرات این محصولات زراعی را بدون گسترش سطح زمین‌های زراعی به‌میزان قابل‌توجهی افزایش دهد (۴۹).

با توجه به اینکه کاهش خلأهای عملکردی بستگی به میزان سهم هر یک از عوامل تأثیرگذار بر کاهش عملکرد دارد (۳۵)؛ بنابراین، علاوه بر درک و شناسایی عوامل مؤثر، تعیین سهم هر یک از این عوامل جهت حل مشکلات مربوط به مزرعه و افزایش تولید ضروری است. همان‌طور که در شکل ۲ به وضوح دیده می‌شود؛ به‌ترتیب اهمیت متغیرهای مقدار گوگرد مصرفی، محصول قبلی باقلا، سیستم آبیاری بارانی متحرک، شمار شخم ثانویه و کاربرد کود دی‌آمونیوم فسفات در مجموع با ۲۷۹۲/۶۵ کیلوگرم در هکتار و ۷۸/۳۶ درصد مهم‌ترین عوامل محدودکننده جهت دست‌یابی به سطح بهینه/مطلوب تولید سویا در استان مازندران می‌باشند که با بهینه‌سازی این عوامل مهم مدیریتی ذکر شده می‌توان بخش عمده‌ای از خلأ عملکردی را جبران نمود. در ادامه به تفصیل به بررسی سهم هر یک از عوامل مدیرتی محدودکننده عملکرد سویا در استان مازندران پرداخته می‌شود.

جدول ۱- کمی نمودن میزان خلأ عملکرد سویا و سهم هر یک از متغیرهای وارد شده در معادله تولید در استان مازندران.

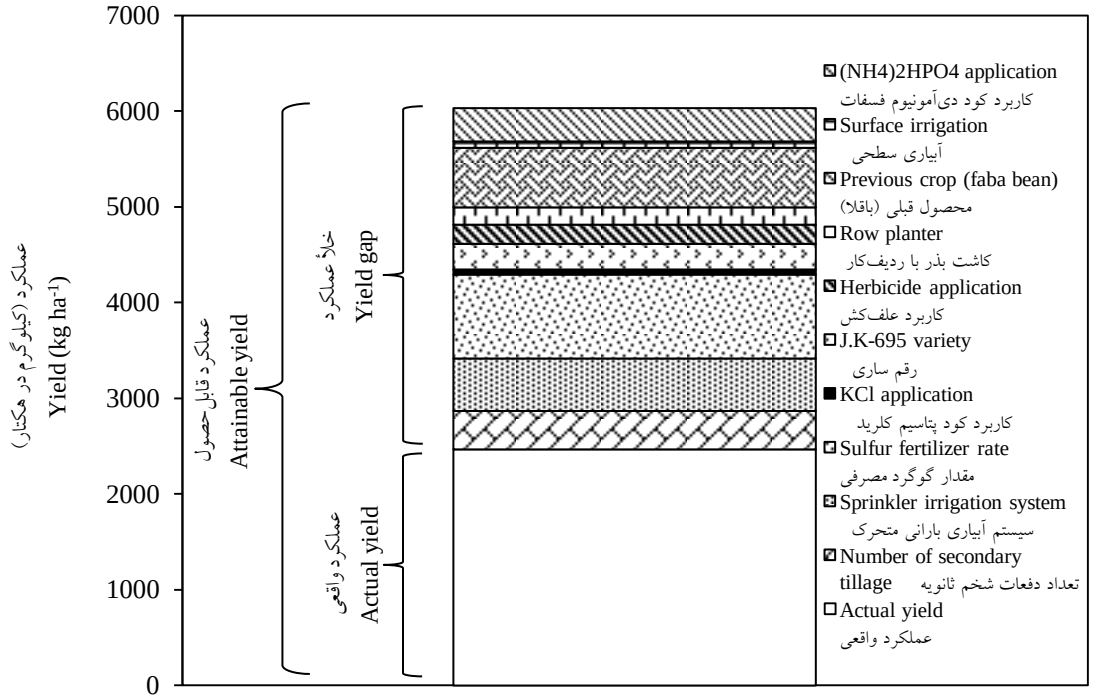
Table 1- Quantifying the soybean yield gap and contribution of each variable entered in the production equation in Mazandaran province, Iran.

متغیر Variable	ضریب در مدل Coefficients in model	شکل متغیر در مدل Variable in model				مقادیر محاسبه شده با مدل Predicted values by model		خلأ عملکرد Yield gap	
		حداقل Minimum	متوسط Average	حداکثر Maximum	مطلوب Optimum	متوسط Average	مطلوب Optimum	(کیلوگرم در هکتار) ($kg\ ha^{-1}$)	درصد (%)
عرض از مبدأ Intercept	2267.24	-	1	-	1	2267.24	2267.24	0	0
رقم ساری (J.K-695) J.K-695 variety	-320.49	0	0.83	1	0	-265.12	0.00	265.12	7.44
محصول قبلی باقلا Previous crop (faba bean)	646.25	0	0.04	1	1	25.76	646.25	620.49	17.41
کاشت بذر با ردیف‌کار Row planter	298.34	0	0.39	1	1	116.96	298.34	181.38	5.09
تعداد دفعات شخم ثانویه Number of secondary tillage	75.20	0	2.62	8	8	196.87	601.61	404.74	11.36
مقدار گوگرد مصرفی (کیلوگرم S در هکتار) Sulfur rate ($kg\ S\ ha^{-1}$)	5.87	0	18.08	167.00	167.00	106.08	979.96	873.87	24.52
کاربرد کود پتاسیم کلرید KCl fertilizer application	-769.09	0	0.07	1	0	-56.21	0.00	56.21	1.58
کاربرد کود دی‌آمونیوم فسفات $(NH_4)_2HPO_4$ fertilizer application	384.24	0	0.10	1	1	37.02	384.24	347.22	9.74
کاربرد علف‌کش Herbicide application	272.00	0	0.25	1	1	68.68	272.00	203.32	5.71
سیستم آبیاری بارانی متحرک Sprinkler irrigation system	579.03	0	0.06	1	1	32.70	579.03	546.33	15.33
آبیاری سطحی Surface irrigation	-349.47	0	0.19	1	0	-65.02	0.00	65.02	1.82
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg\ ha^{-1}$)	-	400.00	2464.97	5100.00	-	2464.97	6028.66	3563.70	100



شکل ۱- رابطه عملکردهای مشاهده شده (واقعی) و پیش‌بینی شده (برآورد شده با مدل) سویا در استان مازندران (دامنه ۲۵ درصد از اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده توسط خطوط منقطع نشان داده شد. خط ممتد نشان دهنده خط ۱:۱ می‌باشد).

Figure 1- The relationship of observed and predicted soybean yields in Mazandaran province, Iran (Dot-dash lines show the 25% difference between predicted and observed values. The solid line indicates line 1:1.).



شکل ۲- سهم عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد سویا در استان مازندران.

Figure 2- Contribution of managing factors limiting soybean yield in Mazandaran province, Iran.

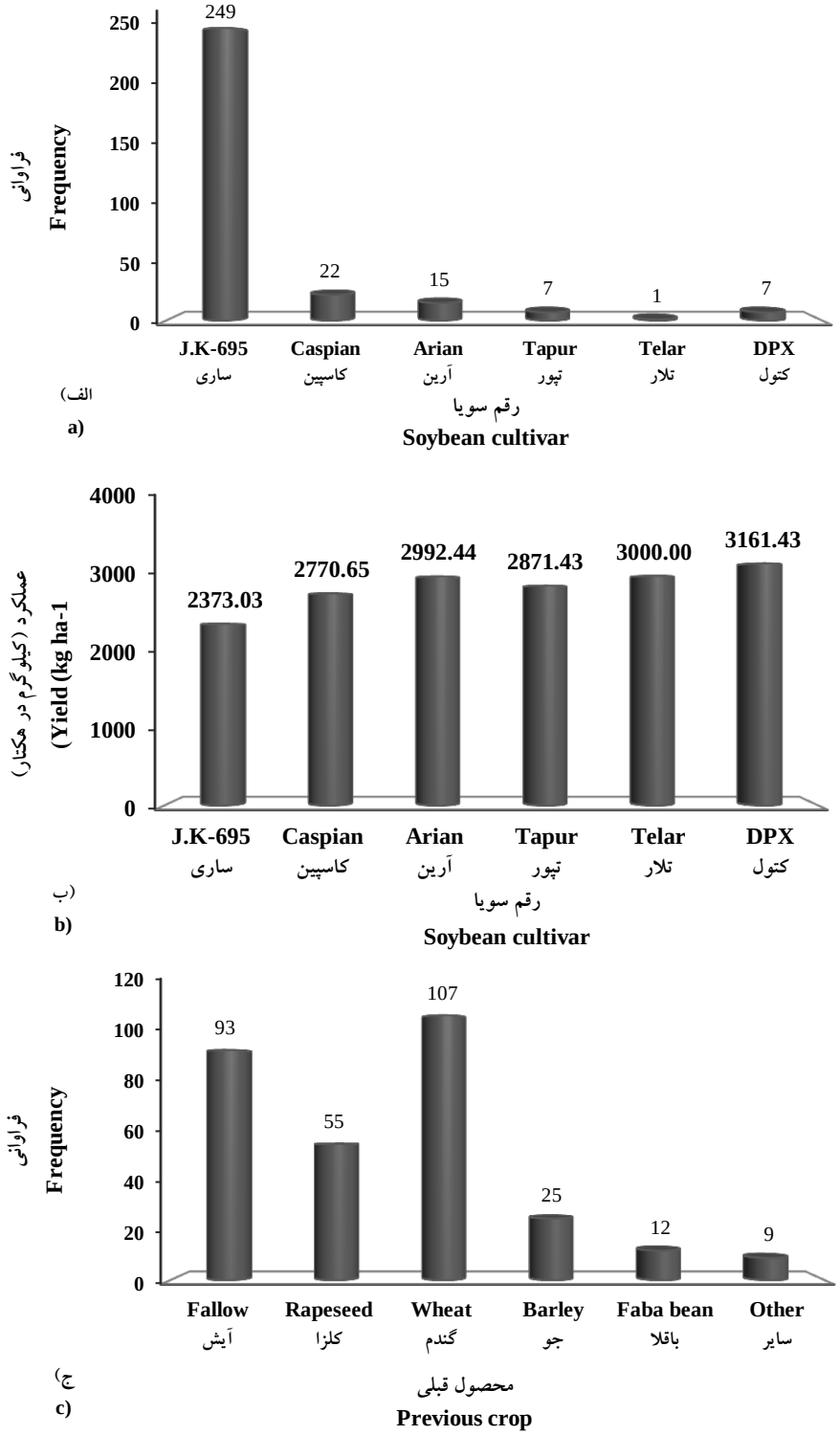
رقم مصرفی: نوع رقم کشت شده (رقم ساری) با سهمی معادل ۲۶۵/۱۲ کیلوگرم در هکتار و ۷/۴۴ درصد به‌عنوان یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر خلأ عملکرد سویا تولیدی در استان مازندران توسط مدل تولید شناسایی شد (جدول ۱ و شکل ۲). مطابق اطلاعات کسب شده از پایش ۳۰۱ مزرعه تحت بررسی (شکل ۳، الف)، ۲۴۹ مزرعه یعنی بالغ بر ۸۰ درصد از سویاکاران در این مزارع اقدام به کشت رقم ساری (J.K-695) نمودند که با توجه به متوسط عملکرد ۲۳۷۳/۰۳ کیلوگرم در هکتار (شکل ۳، ب) و اثر منفی این رقم در مدل تولید و همچنین میزان سهم آن در محدودیت عملکرد قطعاً می‌تواند اثر کاهشی قابل‌توجهی در میزان کل سویا تولیدی استان مازندران داشته باشد. البته ذکر این نکته در اینجا ضروری است که نتایج به‌دست آمده به منزله بهتر بودن عملکرد سایر ارقام و توصیه آن به کشاورزان نیست؛ چرا که تعداد مزارع تحت بررسی این رقم‌ها محدود بوده و صرفاً این نتایج بیان‌گر این حقیقت است که وضعیت اصلاح ارقام و تولید رقم‌های جدید نیاز به بررسی و مطالعه دقیق‌تری در این زمینه دارد. پیش از این نیز در بررسی خلأ عملکرد برنج در ایالات متحده، انتخاب رقم‌های هیبرید و مدیریت بهینه به‌عنوان عواملی مهم جهت دست‌یابی به افزایش تولید گزارش شدند (۲۱). چرا که معرفی رقم‌های زراعی مناسب در کنار سایر عواملی چون شرایط آب و هوایی، عناصر غذایی، رطوبت، تاریخ کشت و شرایط اقتصادی - اجتماعی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد می‌باشند که بخشی از افزایش بازده تولید از زمان انقلاب سبز به انتخاب رقم‌های جدید مربوط می‌شود (۶۳). در چین نیز همانند نتایج پژوهش حاضر انتخاب ارقام زراعی نامناسب توسط بیش از نیمی از کشاورزان (۶۶ درصد) سبب اختلاف عملکرد ۱۹/۸ درصدی در تولید ذرت این کشور شد (۷۵).

اگرچه رقم ساری از برخی جهات مثل متحمل بودن به پوسیدگی ذغالی به‌عنوان رقمی مناسب برای شرایط آب و هوایی استان مازندران معرفی شده اما باید این موضوع را در نظر داشت که تولید یک محصول زراعی خود فرآیندی پیچیده بوده که مجموعه‌ای از عوامل طبیعی تا انسانی را در بر می‌گیرد و نمی‌توان صرف شناسایی یک یا دو ویژگی مناسب برای یک رقم تحت شرایط به‌ویژه آن را برای کشت در سطح اراضی یک استان مناسب دانست. نتایج مطالعه انجام شده در بررسی خلأ عملکرد محصولات زراعی گندم، جو و کلزا در آلبرتای کانادا نیز مؤید این مطلب است که ترکیبی از روش‌های صحیح مدیریت زراعی و انتخاب رقم‌های ویژه هر منطقه می‌تواند سبب افزایش بازده تولید و سود اقتصادی گردد. در ادامه نیز بیان داشتند که در صورت برقراری این شرایط، به‌ترتیب عملکرد دانه گندم، جو و کلزا تولیدی در آلبرتا می‌تواند به میزان ۴۶، ۴۰ و ۳۶ درصد نسبت به متوسط عملکرد واقعی این محصولات افزایش یابد (۱۳). در مطالعه حاضر نیز کشاورزان عمده مشکل فعلی در خصوص این رقم را به کم بودن ارتفاع غلاف‌بندی از سطح زمین به‌همراه ناهمواری اراضی خود عنوان نمودند که این امر موجب مشکلاتی در امر برداشت و افزایش افت محصول تولیدی و همچنین افزایش هزینه تولید در صورت برداشت غیرمستقیم می‌گردد. بنابراین، با این تفاسیر و با توجه به سهم این رقم در خلأ عملکرد بهتر است در صورت امکان اقداماتی نظیر تسطیح اراضی و معرفی ارقام مناسب با شرایط هر منطقه جهت بهبود عملکرد این محصول ارزشمند در استان مازندران صورت گیرد.

محصول قبلی (باقلا): میزان افزایش عملکرد مربوط به اثر متغیر پیش کاشت باقلا برابر ۶۲۰/۴۹ کیلوگرم در هکتار یعنی معادل ۱۷/۴۱ درصد فاصله عملکردی

برآورد شده با مدل تولید بود (جدول ۱ و شکل ۲). به‌نظر می‌رسد این تأثیر مثبت می‌تواند به‌دلیل تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش ماده آلی خاک در کشت باقلا باشد. نظام‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) نیز در مطالعه خود به‌منظور بررسی عوامل مدیریتی مؤثر بر خلأ عملکرد کلزا به روش CPA در منطقه نکا استان مازندران ضمن بیان اثر مثبت به‌کارگیری گیاهان لگوم (سویا) در ادامه نیز اظهار داشتند که قرارگیری گیاه سویا در پیش‌کشت کلزا می‌تواند سبب افزایش ۱۰ درصدی (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد این محصول در منطقه گردد (۵۶). در همین راستا محققین اروپایی نیز در مطالعه‌ای، معرفی حبوبات دانه‌ای به تناوب زراعی اروپا را برای کاهش بارهای زیست‌محیطی به‌ویژه در زمینه منابع انرژی فسیلی تخلیه شده و تغییر اقلیم مناسب دانستند (۵۵). این محققین دلایل اصلی این امر را عدم مصرف کودهای نیتروژنه در زراعت این محصولات زراعی و کاهش مصرف این گونه کودها در زراعت بعدی، فراهمی امکان استفاده از روش‌های خاک‌ورزی کاهش یافته، افزایش بازده انرژی و کاهش مصرف سموم شیمیایی عنوان نمودند (۵۵). برقراری تناوب زراعی ضمن افزایش کارایی مصرف آب و بهبود کارایی استفاده از عناصر غذایی می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی برای مشکلات تغییر اقلیم مثل از دست دادن بهره‌وری محصول، افزایش آب مورد نیاز برای آبیاری و از بین رفتن حاصلخیزی خاک باشد (۵۹). علاوه بر این، اجرای تناوب زراعی از طریق گنجاندن حبوبات در هر بخش از تناوب می‌تواند از تخریب خاک تحت اثر تغییر اقلیم جلوگیری کند (۵۹) و همچنین به‌دلیل توانایی تثبیت زیستی نیتروژن توسط این گیاهان زراعی، کاهش مشکلات آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز از طریق برقراری تنوع بیش‌تر در سیستم‌های زراعی و اثرات آن برخاک و عملکرد محصول بعدی می‌تواند در بهبود پایداری محیط‌زیست نقش داشته باشند و به‌عنوان یک راهبرد سازگاری با تغییر اقلیم مورد استفاده قرار گیرد (۱۷). مطابق بررسی‌های صورت گرفته، کشت سویا در مازندران عمدتاً پس از برداشت محصولات گندم، کلزا و آیش انجام می‌شود که نتایج مطالعه حاضر نیز مؤید این حقیقت بود. لازم به توضیح است که آیش به منزله قرار نگرفتن هیچ محصولی در پیش‌کشت می‌باشد که بیش‌تر در مزارعی اتفاق می‌افتد که در فصل کشت با کمبود آب زراعی مواجه می‌شوند. مطابق شکل ۳ از ۳۰۱ مزرعه سویا استان مازندران به‌ترتیب در ۱۰۷، ۵۵، ۲۵، ۱۲، ۹ و ۹۳ مزرعه محصولات زراعی گندم، کلزا، جو، باقلا، سایر (شبدر، کاهو و نخودفرنگی) و آیش در پیش‌کشت قرار گرفته بودند. بر این اساس، از مجموع مزارع مورد بررسی تنها در ۱۲ مزرعه یعنی حدود چهار درصد گیاه باقلا در پیش‌کشت قرار گرفته بود که این موضوع گویای این حقیقت است که درصد بالایی از کشاورزان مازندرانی توجه و یا شناختی در رابطه با به‌کارگیری صحیح تناوب زراعی و مزایای قرارگیری این گیاهان ارزشمند از نظر تغذیه و حفظ و پایداری بوم‌نظام‌های زراعی در مزارع خود ندارند. به عنوان مثال، گیاه باقلا ضمن اینکه سبب کاهش ورود کودها در زمین‌های زراعی و ارائه خدمات زیست‌محیطی ارزشمندی در کشاورزی پایدار می‌گردد (۱۷)؛ دارای ارزش غذایی بالایی از نظر پروتئین، کربوهیدارت‌ها، ویتامین‌های گروه B و مواد معدنی بوده که در سال‌های اخیر کشت آن در آمریکا، کانادا و اروپا بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۲۲). علاوه بر برقراری گردش زراعی صحیح، می‌توان از توانمندی تلقیح بذور با قارچ‌ها و باکتری‌های افزاینده رشد گیاه[1] نیز بهره برد.

1. Plant growth promoting fungi (PGPF) and Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)



شکل ۳- فراوانی و متوسط عملکرد ارقام مورد استفاده در مزارع تحت بررسی (الف و ب) و فراوانی محصول قبلی (ج) تحت مدیریت سویاکاران استان مازندران.

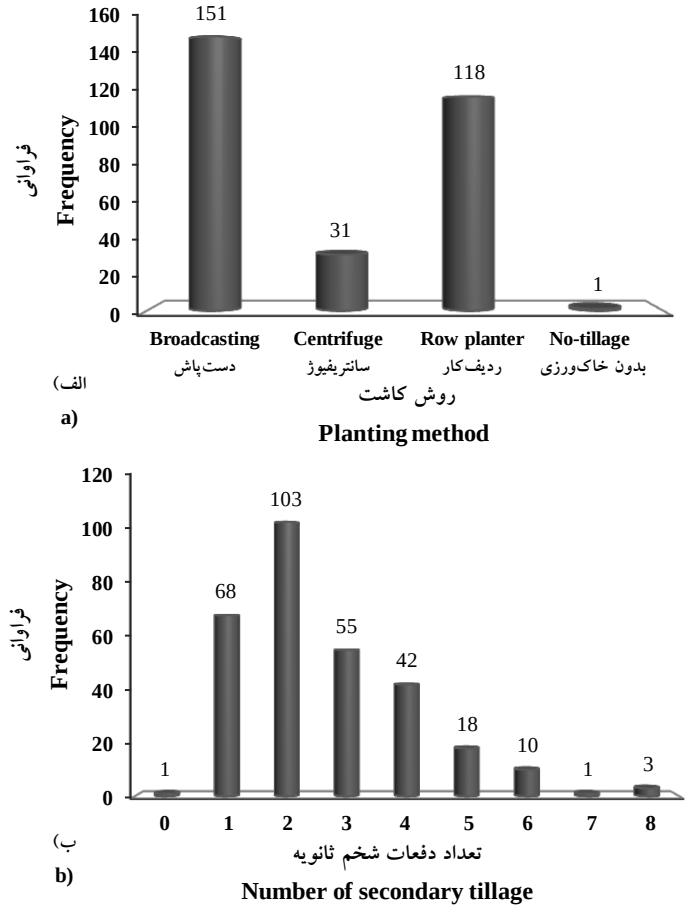
Figure 3- Frequency and the average yield of cultivars used in the surveyed farms (a, b) and previous crop frequency (c) under the management of soybean farmers in Mazandaran province, Iran.

این ریزجاندارن به‌جهت افزایش فراهمی عناصر غذایی چون نیتروژن و فسفر برای گیاهان می‌توانند سبب حفظ و پایداری حاصلخیزی خاک در درازمدت و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی نیز گردند (۴۵). به این ترتیب به‌منظور تحقق این مهم و بهره‌بردن از مزایای ارزشمند این راهکارها در منطقه باید اقداماتی جهت فرهنگ‌سازی کافی در این خصوص انجام شود. چرا که برقراری صحیح تناوب زراعی و بهره‌گیری از توانمندی این ریزجانداران افزاینده رشد ضمن بهبود عملکرد و پایداری سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های تولید مانند خرید کودها و سموم شیمیایی و افزایش سلامت بوم‌نظام‌ها گردد.

روش کاشت: در کنار رعایت تراکم کاشت مطلوب یعنی استفاده از فواصل بین و روی ردیف کاشت مناسب (۶۵)، عمق کاشت و رطوبت خاک نیز از عوامل مهم تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی از جمله سویا می‌باشند (۱۹). لذا به‌منظور پیش‌برد و تحقق اهداف موردنظر، توسعه مکانیزاسیون کشاورزی بایستی اهمیت و جایگاه مطلوب خود را پیدا نماید و ضرورت دارد که به‌طور ویژه به آن نگریسته و پرداخته شود. این در حالی است که در مطالعه حاضر از ۳۰۱ مزرعه مورد بررسی، ۱۵۱ مزرعه یعنی چیزی در حدود ۵۰ درصد به طریق دست‌پاش و مابقی مزارع یعنی ۱۱۸ مزرعه با ردیف‌کار، ۳۱ مزرعه با بذرپاش‌های سانتریفیوژ و تنها یک مزرعه به‌صورت بدون خاک‌ورزی کشت شدند (شکل ۴، الف). همانطور که نتایج خروجی مدل نشان داد (جدول ۱ و شکل ۲) اگر سویاکاران مازندرانی با استفاده از ردیف‌کار اقدام به کشت سویا می‌نمودند متوسط عملکرد فعلی آن‌ها می‌توانست به میزان ۱۸۱/۳۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یابد که بالتبع می‌توانست افزایش قابل‌توجه در میزان کل سویا تولیدی استان مازندران را به همراه داشته باشد. مورد مشابه در این خصوص را می‌توان در مزرعه شش هکتاری در روستای مجیدآباد پارس‌آباد استان اردبیل جستجو نمود که در این مزرعه کشت سویا با ردیف‌کار پنوماتیکی دو ردیفه روی پشته سبب بهبود میزان سبزشدگی و یکنواختی توزیع بذر به‌صورت طولی و افقی و در نتیجه افزایش عملکرد آن از ۲/۲۵ تن در شرایط کاشت بذر با عمیق‌کار به ۲/۸۵ تن در هکتار یعنی در حدود ۶۰۰ کیلوگرم افزایش عملکرد شد (۳۹). در واقع این کارنده‌ها با توزیع یکنواخت بذر در خاک منجر به جوانه‌زنی و ظهور بهتر گیاهچه و در نتیجه افزایش عملکرد محصول با به حداقل رساندن رقابت بین گیاهان برای نور، آب و مواد مغذی موجود می‌شوند (۵۷). نمونه دیگر از این مورد را هم می‌توان در نتایج مطالعه CPA منصوری‌راد و همکاران (۲۰۱۸) در شهرستان کلاله استان گلستان ملاحظه نمود. در این مطالعه تراکم بوته در مزارع تحت بررسی از تنوع زیادی برخوردار بود که با سهمی معادل ۲۲/۵ درصد (۵۸۶ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان دومین متغیر محدودکننده عملکرد سویا توسط مدل تولید شناسایی شد. این تفاوت فاحش در غیریکنواختی تراکم بوته در مزارع مورد بررسی یعنی از ۵ تا ۲۴ بوته در مترمربع به‌دلیل عدم کاشت مکانیزه سویا در منطقه و کاشت بذور به‌صورت دست‌پاش بوده که سبب استقرار بذر در عمق‌های نامطلوب و به‌تبع آن کاهش استقرار گیاهچه‌ها در مزرعه شد. به‌منظور دست‌یابی به تراکم گیاهی مطلوب و یکنواخت در مزرعه و نهایتاً عملکرد بهنیه در منطقه، کاشت سویا با ردیف‌کارهای پنوماتیک را توصیه نمودند (۴۸). در ارزیابی عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد کلزا به روش CPA در شرق استان گلستان نیز استفاده از کارنده‌های نامناسب به‌عنوان یکی از دلایل مصرف بالای بذر در منطقه عنوان شد که جهت رفع این محدودیت و تعیین میزان بذر مناسب در هکتار، استفاده از بذرکارهای دقیق به‌همراه ضدعفونی بذور و

کاشت رقم‌هایی با بنیه قوی و سرعت رشد اولیه بالا را توصیه نمودند (۱). نه تنها در ایران بلکه مطالعه انجام شده در انتاریو کانادا نیز مؤید این مطلب است که نوع کارنده، نگهداری و کارکرد آن می‌تواند نقش مهمی در استقرار یکنواخت بوته (ذرت) در مزرعه داشته باشد (۴۴). این نتایج نشان‌دهنده این واقعیت است که توسعه مکانیزاسیون کشاورزی ضمن کاهش هزینه‌های عملیاتی و بهبود بهره‌وری نیروی کار و کیفیت مواد غذایی می‌تواند نقش مهمی در تولید مواد غذایی و بهبود عملکرد هم داشته باشد (۱۰).

تعداد دفعات شخم ثانویه: در این بررسی تعداد دفعات شخم ثانویه از صفر (بدون خاک‌ورزی) تا هشت مرتبه متغیر بود؛ به‌طوری که حدود ۷۵ درصد از کشاورزان یک تا سه مرتبه عمل شخم ثانویه را در مزارع خود انجام می‌دادند (شکل ۴، ب). شمار شخم کم (مثل یک بار) بیش‌تر برای گندم‌زارهایی بود که کشاورزان این مزارع به‌دلیل نداشتن فرصت کافی برای آماده‌سازی زمین و جلوگیری از تخلیه رطوبت خاک سریعاً اقدام به کشت سویا می‌نمودند. با توجه به اینکه در مدل تولید تأثیر شمار شخم ثانویه مثبت بود؛ بنابراین بیش‌ترین تعداد دفعات شخم ثانویه یعنی هشت بار در مدل قرار داده شد. بر این اساس مطابق نتایج CPA، تعداد دفعات شخم ثانویه عامل ۱۱/۳۶ درصد (۴۰۴/۷۴ کیلوگرم در هکتار) از خلأ عملکرد سویا تولیدی در مزارع مورد بررسی بود (جدول ۱ و شکل ۲).



شکل ۴- فراوانی روش‌های کاشت (الف) و تعداد دفعات شخم ثانویه (ب) تحت مدیریت سویاکاران استان مازندران.

Figure 4- Frequency of planting methods (a) and number of secondary tillage (b) under the management of soybean farmers in Mazandaran province, Iran.

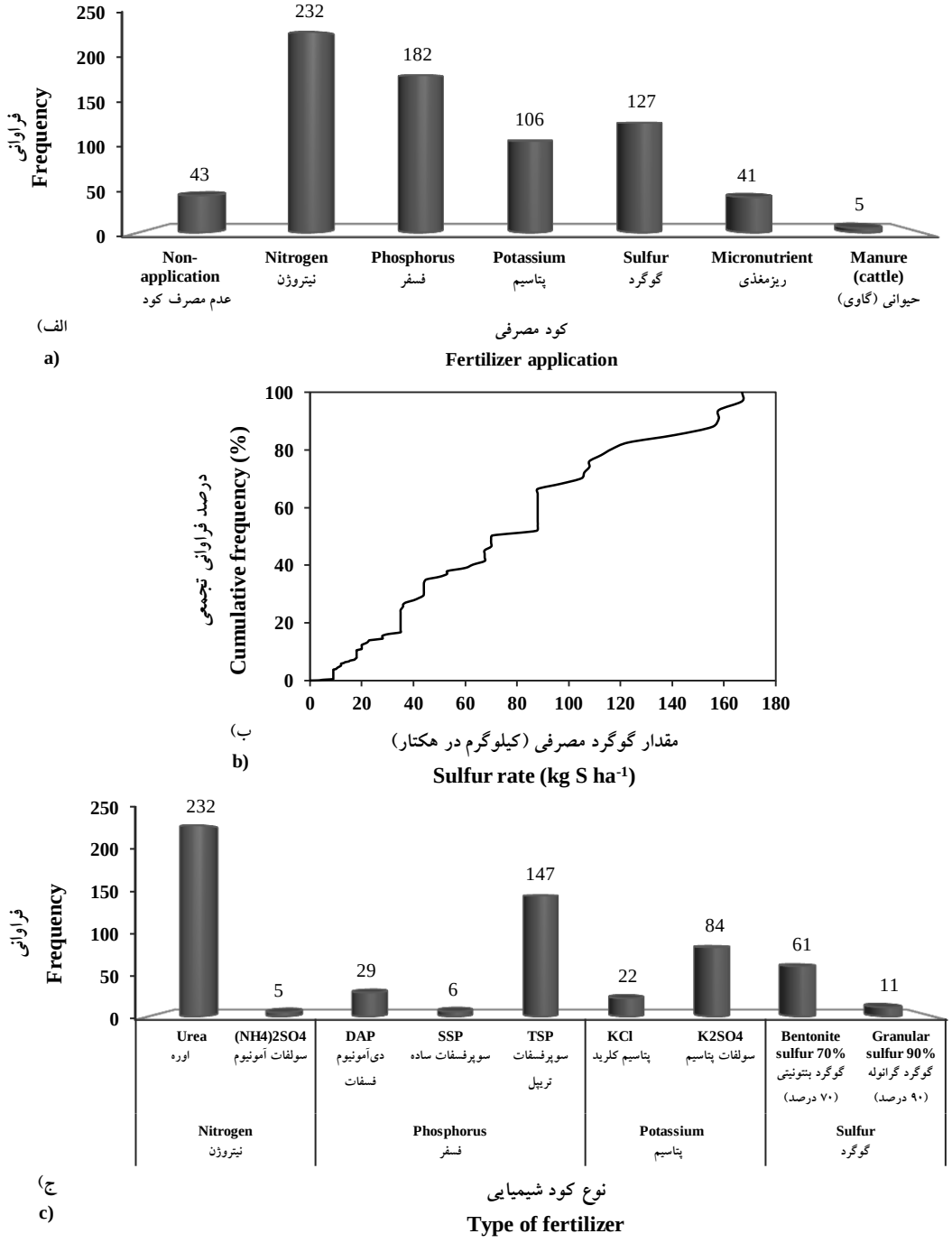
با این حال گرچه تهیه بستر بذر مطلوب در زراعت سویا بسیار مهم است؛ اما نمی‌توان به‌طور قطع تعداد دفعات مطلوب شخم ثانویه را از این طریق تعیین نمود. چرا که عوامل مختلفی مثل بافت خاک، موقعیت زمین‌های کشاورزی (شیب) و کشت قبلی در این مورد مؤثر می‌باشند. مشابه نتایج پژوهش حاضر، تعداد دفعات دیسک‌زنی در مزارع سویا شهرستان‌های گلستان و علی‌آباد کتول استان گلستان نیز با سهمی معادل ۱۳ درصد (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده عملکرد توسط مدل تولید شناسایی شد. محدوده این متغیر در مزارع مورد بررسی از یک تا هفت مرتبه متغیر بود که به‌خاطر ضریب منفی آن در مدل تولید، کم‌ترین تعداد دفعات دیسک یعنی یک مرتبه در مدل لحاظ شد. جمع‌بندی نتایج آن‌ها مؤید این نکته کلیدی است که با تجزیه و تحلیل CPA نمی‌توان تعداد دفعات مطلوب دیسک‌زنی را مشخص نمود (۵۴).

مصرف کودهای شیمیایی: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی، مقدار گوگرد مصرفی با ۲۴/۵۲ درصد (۸۷۳/۸۷ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد بیش‌ترین سهم را در محدودیت عملکرد سویا تولیدی در استان مازندران داشت (جدول ۱ و شکل ۲). در بررسی خلأ عملکرد کلزای تولیدی به روش CPA در استان گلستان نیز، میزان کاربرد کود گوگردی به‌عنوان عاملی مهم در افزایش عملکرد این محصول بیان شده که سهم آن در ایجاد خلأ عملکرد در شهرستان گالیکش ۲۴/۹ درصد (۵۷۴/۷ کیلوگرم در هکتار) و در شرق استان گلستان نیز ۱۶/۱ درصد (۵۴۴/۸ کیلوگرم در هکتار) گزارش شد. این محققین مدیریت کاربرد بهینه این عنصر غذایی را به‌عنوان یکی از راه‌های کاهش خلأ عملکرد گیاه دانه روغنی کلزا در مناطق مورد اشاره عنوان نمودند (۱). در مطالعه دیگری که خلأ عملکرد کلزای تولیدی در آلبرتا کانادا را طی یک دوره ۱۰ ساله مورد بررسی قرار داده نیز مدیریت صحیح زراعی یعنی آزمون خاک مزارع، استفاده از مقدار مناسب کود در زمان و مکان مناسب، تراکم کشت و مدیریت آفات و بیماری‌ها را جهت بهبود ۳۰ درصدی عملکرد این محصول پیشنهاد نمودند (۱۳). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که مصرف بهینه گوگرد برای افزایش عملکرد سویا ضروری است (۹، ۳۰، ۵۱). به عنوان مثال می‌توان به نتایج آزمایشی مزرعه‌ای در پامپاس آرژانتین اشاره نمود که کمبود متوسط گوگرد با تأثیر بر رشد گیاه در دوره پرشدن دانه سبب کاهش عملکرد سویا تولیدی شد (۳۰). بنابراین، بی‌تردید گوگرد ماده مغذی اصلی در تولید دانه‌های روغنی است (۴). چرا که ضمن تأثیر بر تجمع ماده خشک توسط گیاه و افزایش وزن هزاردانه و عملکرد دانه می‌تواند بر کیفیت دانه تولیدی از نظر تشکیل پروتئین و روغن هم اثرگذار باشد (۹، ۵۱). علاوه بر این، در فرآیندهای بنیادی گیاه مثل انتقال الکترون، ساختار و تنظیم و همچنین، تولید اکسیژن فتوسنتزی و مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده نقش داشته که این مسائل اهمیت مدیریت گوگرد در تغذیه گیاهان زراعی را دوچندان می‌کند (۱۱). به همین دلیل است که گوگرد در حال حاضر علاوه بر نیتروژن، فسفر و پتاس به‌عنوان چهارمین ماده مغذی اصلی گیاه شناخته می‌شود (۵۱). مضاف بر این گوگرد یکی از عناصر شناخته شده برای سیستم همزیستی حبوبات-ریزوبیوم می‌باشد (۱۲) که در صورت کمبود این عنصر غذایی در خاک، گره کم‌تری در ریشه گیاه تشکیل شده و از این طریق تثبیت زیستی نیتروژن کاهش می‌یابد (۵۱). همچنین، وجود این عنصر غذایی در خاک می‌تواند کارایی استفاده از نیتروژن را تحت تأثیر قرار دهد؛ به‌طوری‌که کمبود گوگرد در خاک را به‌عنوان یکی از دلایل کاهش کارایی استفاده

از نیتروژن عنوان نمودند (۲۳). نتایج مطالعه فضیلی و همکاران (۲۰۰۸) روی گیاه کلزا در هند نیز مؤید این حقیقت است که کاربرد ترکیبی گوگرد همراه با نیتروژن باعث افزایش سنتز پروتئین در دانه و شاخص برداشت نیتروژن می‌شود (۲۳). با این تفاسیر گوگرد یک ماده مغذی مهم برای تولید بهینه سویا با عملکرد بالا است (۵۱). حال آنکه در مطالعه حاضر از ۳۰۱ مزرعه سویا مورد بررسی، تنها در ۱۲۷ مزرعه یعنی چیزی در حدود ۴۲ درصد از کود گوگردی استفاده شد که از این تعداد ۷۲ مزرعه به‌صورت مستقیم از دو منبع بنتونیت ۷۰ درصد و گرانوله ۹۰ درصد و ۵۵ مزرعه دیگر به شکل غیرمستقیم از منابع سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم استفاده کردند (شکل ۵، الف و ج). ارزیابی این مزارع نشان می‌دهد که میزان گوگرد مصرفی کشاورزان از سه تا ۱۶۷ کیلوگرم در هکتار متغیر بود که در ۸۰ مزرعه یعنی چیزی در حدود ۶۳ درصد کم‌تر از ۴۰ کیلوگرم در هکتار و تنها در ۷ مزرعه (۵/۵۱ درصد) بیش از ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد (شکل ۵، ب). این نتایج نشان می‌دهد که کشاورزان منطقه از اهمیت کودهای گوگردی برای تغذیه گیاهان زراعی و سهم قابل توجه آن در بهبود کمی و کیفی محصول تولیدی و همچنین، نحوه صحیح به‌کارگیری آن در مزارع آگاهی نداشته که نیاز به ترویج و انتقال یافته‌های علمی احساس می‌شود. از سوی دیگر، کشاورزان علاوه بر این که مقدار و منابع کودی را بدون توجه به نیاز کودی مزارع خود استفاده می‌کردند توجهی به زمان مناسب مصرف آن‌ها هم نداشتند. در صورتی که نکته کلیدی جهت اثربخشی کودهای گوگردی زمان مناسب مصرف آن می‌باشد که باید حداقل تا چهار هفته قبل از کشت گیاه مصرف نمود (۴۶). همچنین، مصرف‌کنندگان کودهای گوگردی این نکته را هم باید در نظر داشته باشند که جذب گوگرد عنصری توسط گیاه به اکسیداسیون و تبدیل شدن آن به سولفات بستگی داشته که این امر توسط باکتری‌های خاک صورت می‌گیرد. باکتری‌های جنس تیوباسیلوس که به‌طور طبیعی ولی در جمعیت‌های اندک در بسیاری از خاک‌های زراعی ایران دیده می‌شوند مهم‌ترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک‌ها می‌باشند که می‌توان با به‌کارگیری هم‌زمان گوگرد با این ریزجانداران ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، با کاهش اسیدیته خاک در اطراف ریشه منجر به اصلاح خاک‌ها و همچنین افزایش حلالیت و جذب عناصر ریزمغذی و فسفر در خاک شد (۴۶).

علاوه بر مدیریت در کاربرد بهینه کود از نظر میزان و زمان صحیح مصرف، استفاده از منابع کودی مناسب هم می‌تواند در تولید موفق یک محصول نقش داشته باشد. مثل مطالعه حاضر که مصرف دو نوع کود دی‌آمونیوم فسفات و کلرید پتاسیم به‌ترتیب سبب ایجاد ۹/۷۴ و ۱/۵۸ درصد فاصله از عملکرد قابل‌حصول شدند. با توجه به اینکه در مدل تولید (جدول ۱ و شکل ۲)، اثر متغیر کاربرد کود دی‌آمونیوم فسفات مثبت بود که به معنی افزایش عملکرد به‌واسطه مصرف این منبع کودی است؛ بنابراین بهتر است پس از انجام آزمون خاک مزارع و توصیه کودی مناسب از این منبع کودی برای رفع نیازمندی فسفر گیاه استفاده شود. چرا که فسفر یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان بوده که در تشکیل دانه و بهبود عملکرد و کیفیت محصول تولیدی نقش داشته (۳۸) و از طرفی دی‌آمونیوم فسفات هم بخاطر داشتن عیار بالای مواد غذایی و تمایل کم به جذب رطوبت و کلوخه شدن به‌عنوان یکی از منابع بسیار مرغوب کودهای فسفاته شناخته می‌شود (۴۶). همانطور که بیان شد استفاده از منبع کود پتاسیم کلرید نیز به‌عنوان یکی دیگر از عوامل محدودکننده تولید سویا در استان مازندران شناسایی

شده که تأثیر منفی در عملکرد تولیدی داشت. پتاسیم کلرید (KCl) پرکاربردترین منبع کود پتاسیمی در سراسر جهان بوده که به‌دلیل استفاده مداوم، تجمع نمک‌های آن در خاک و گیاهان در حال رایج شدن است (۶۰). از این‌رو، به‌دلیل حساسیت برخی از ارقام سویا به کلر بهتر است در میزان مصرف این گونه کودها احتیاط شود. چرا که ممکن است با سایر منابع کلر همراه شده و در نبود زهکشی مناسب سبب افزایش کلر خاک تا سطوح سمی و در نتیجه کاهش رشد گیاه گردد (۴۳).

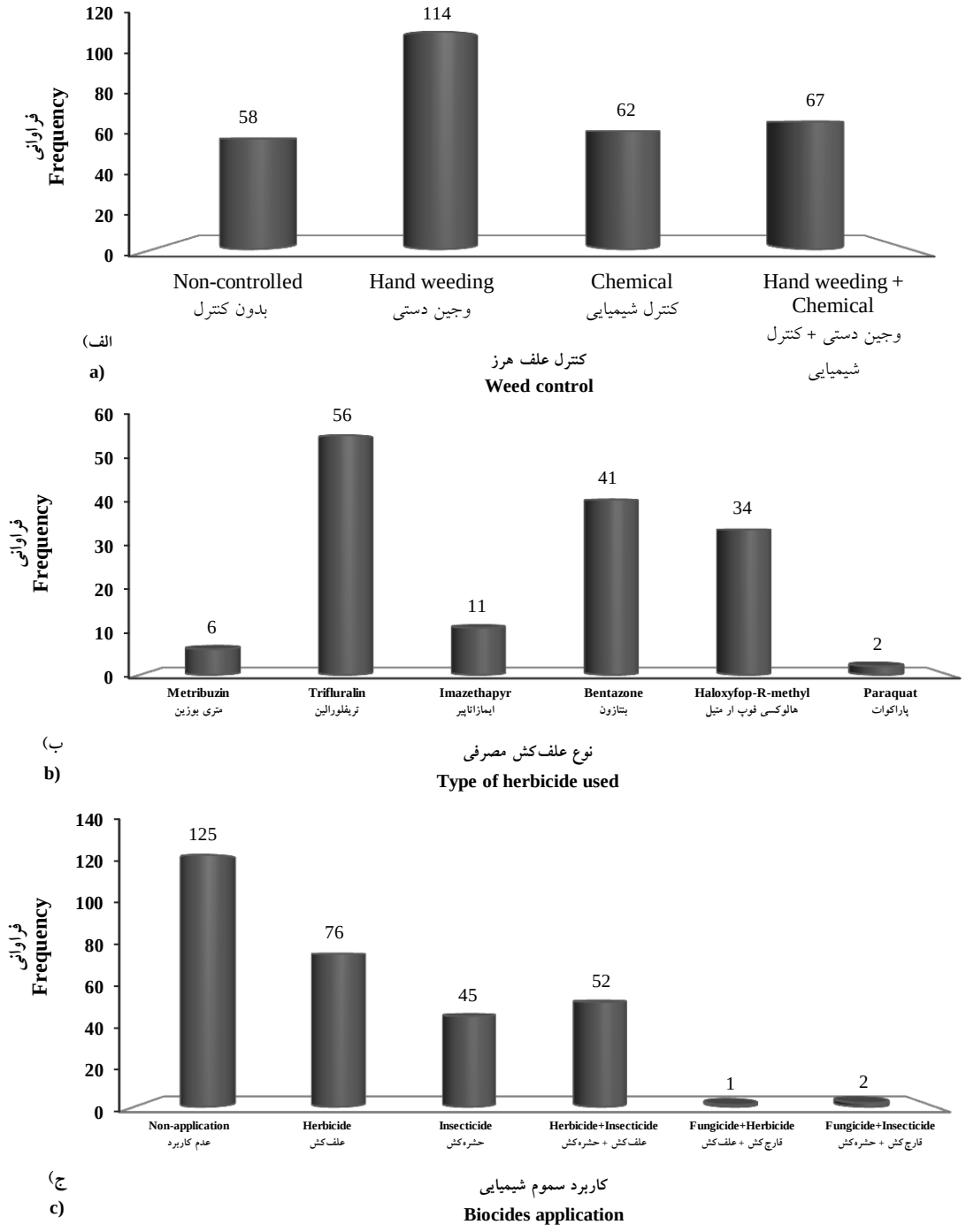


شکل ۵- درصد فراوانی تجمعی مقدار گوگرد مصرفی (ب) و فراوانی نوع کودهای شیمیایی (ج) مصرفی تحت مدیریت سویاکاران استان مازندران.

Figure 5- Cumulative frequency (%) of sulfur rate (b) and frequency of fertilizers type (c) used under the management of soybean farmers in Mazandaran province, Iran.

کاربرد علف‌کش: در این پژوهش از مجموع ۳۰۱ مزرعه مورد بررسی، در ۲۴۳ مزرعه (حدود ۸۱ درصد) کنترل علف هرز صورت گرفت که از این تعداد ۱۱۴ مزرعه به‌طریق دستی، ۶۲ مزرعه به‌طریق شیمیایی و ۶۷ مزرعه تلفیقی از این دو روش بود (شکل ۶- الف). بر این اساس در ۵۸ مزرعه (حدود ۱۹ درصد) هیچ گونه مدیریتی جهت مبارزه با علف هرز صورت نگرفت. به‌طور کلی، در این بررسی، ۱۲۹ کشاورز از سموم شیمیایی علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز مزارع خود استفاده نمودند که عمده علف‌کش مصرفی آن‌ها تریفلورالین و بنتازون بودند (شکل ۶، ب). همچنین، از این تعداد مزارع، در ۷۶ مزرعه فقط کنترل علف هرز صورت گرفت و در ۵۲ مزرعه دیگر علاوه بر مبارزه با علف‌های هرز، از سموم شیمیایی حشره‌کش نیز جهت مبارزه با آفات و بیماری‌ها استفاده شد (شکل ۶-ج).

علف‌های هرز جزو مهم عوامل زنده کاهنده رشد هستند که به‌دلیل رقابت برای منابع ضروری مثل نور، آب و مواد مغذی با گیاه اصلی به کمیت و کیفیت آن آسیب می‌زنند (۳۷). در برخی موارد این افت عملکرد می‌تواند از ۵۰ درصد هم فراتر رفته یا حتی منجر به از دست رفتن کامل عملکرد قابل فروش شود (۵۲). در پژوهش حاضر نیز عدم استفاده از علف‌کش‌ها سبب ۲۰۳/۳۲ کیلوگرم در هکتار خلأ عملکرد شد (جدول ۱ و شکل ۲). در مطالعه‌ای که پیش از این جهت تعیین عوامل محدودکننده عملکرد گندم به روش CPA در استان گلستان انجام شده هم عدم مصرف علف‌کش به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده تولید عامل ۱۳/۳۹ درصد (۴۰۹/۴۸ کیلوگرم در هکتار) از خلأ عملکرد بوده است (۳۱). نتایج مطالعه‌ای در اتریش نیز نشان داده که تراکم زیاد علف‌های هرز در مزارع سویا می‌تواند سبب از دست رفتن عملکرد به میزان ۳۷۰ و ۵۶۰ کیلوگرم در هکتار طی دو فصل زراعی و همچنین کاهش کارایی برداشت، افزایش رطوبت و دانه آسیب دیده و کاهش کیفیت دانه گردد که متعاقباً تلفات اقتصادی قابل‌توجهی را ایجاد می‌کند (۷۴). در مطالعه دیگری در ایلینویز آمریکا هم سویای تولیدی در رقابت با علف‌های هرز علاوه بر عملکرد کم دارای کیفیت پائینی از نظر درصد پروتئین، روغن، محتوای آب نسبی و وزن دانه بودند (۲۷). بدیهی است که این موارد از مشخصه‌های مهم سویا در بازاهای جهانی است که تولیدکنندگان باید کنترل علف‌های هرز را به‌عنوان عاملی کلیدی جهت حفظ کیفیت دانه و موفقیت در توسعه کشت این محصول در نظر بگیرند. علاوه بر این‌ها نقش علف‌های هرز به‌عنوان میزبان جایگزین برای آفات و بیماری‌های گیاه سویا و تداخل آن‌ها در عملیات زراعی که منجر به هزینه‌های بیش‌تر تولید این محصول می‌شوند را هم نباید نادیده گرفت (۱۵). نه‌تنها در سویا بلکه در مطالعه انجام شده به‌منظور تعیین عوامل مؤثر بر عملکرد پنبه در پنجاب پاکستان نیز مدیریت علف‌های هرز به‌همراه مبارزه با آفات و بیماری‌ها، حاصلخیزی خاک، آماده‌سازی زمین و از همه مهم‌تر آموزش کشاورزان به‌عنوان عواملی مهم جهت دست‌یابی به عملکرد بیش‌تر عنوان شدند (۵). بنابراین، مدیریت علف‌های هرز برای به حداکثر رساندن تولید جهانی گیاهان زراعی ضروری است (۷۶). انتخاب علف‌کش‌ها، عرض ردیف گیاهان، انتخاب رقم مناسب، اتخاذ روش‌های صحیح خاک‌ورزی، استفاده از گیاهان پوششی و تناوب زراعی تنها چند روش مدیریتی هستند که به‌طور مستقیم بر مدیریت علف‌های هرز تأثیر می‌گذارند (۱۵، ۵۸). در این بین کنترل شیمیایی علف‌های هرز از طریق استفاده از علف‌کش‌ها به‌دلیل کاربرد یکنواخت، کارایی بالا و کاهش هزینه‌های مرتبط با مکانیزاسیون و زمان بیش‌تر مورد پسند بوده (۷۶) و روشی غالب برای کنترل علف‌های هرز در کشاورزی مدرن هستند (۳۲).



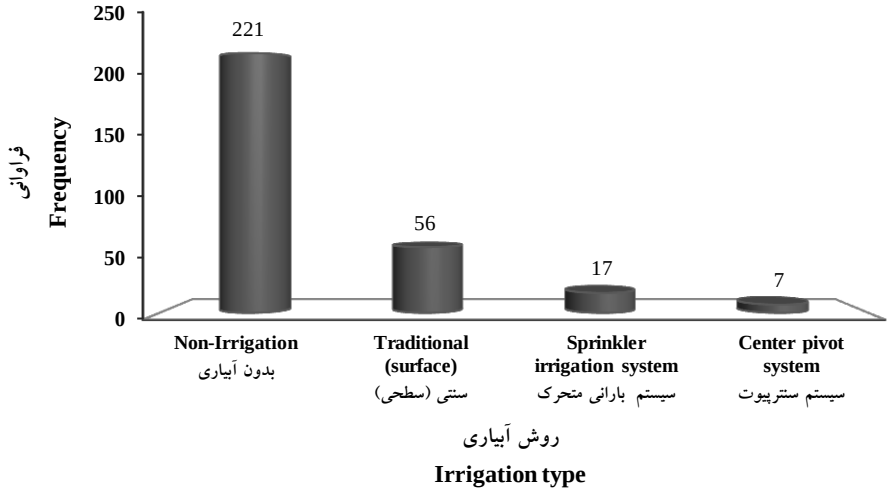
شکل ۶- فراوانی مصرف سموم شیمیایی تحت مدیریت سویاکاران استان مازندران.

Figure 6- Frequency of biocides application under the management of soybean farmers in Mazandaran province, Iran.

با این وجود، مدیریت علف‌های هرز یک مسئله اساسی است چرا که علف‌کش‌ها پرمصرف‌ترین سموم دفع آفات مصرفی در سراسر جهان بوده که برخی از آن‌ها بیش‌ترین ترکیبات آلوده‌کننده در آب‌های سطحی و زیرزمینی را تشکیل می‌دهند (۱۵). البته باید این موضوع را هم در نظر داشت که مدیریت علف‌های هرز بدون علف‌کش‌ها یک اقدام چالش برانگیز بوده که نیازمند راهبردهای جایگزینی قابل

اعتمادی است؛ به‌ویژه در محصولاتی که دارای قدرت رقابتی کم در مقابل علف‌های هرز می‌باشند (۳۷). مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مناسب‌ترین گزینه پیش‌رو برای حفظ جمعیت علف‌های هرز زیر آستانه آسیب به محصولات زراعی مثل سویا است (۷۳) که ضمن محدود نمودن جمعیت علف‌های هرز به سطوح قابل کنترل، به‌عنوان رویکردی جامع سبب کاهش اثرات زیست‌محیطی روش‌های فردی مدیریت علف‌های هرز، افزایش پایداری سیستم تولید محصول و کاهش مقاومت علف‌های هرز در برابر علف‌کش‌ها نیز می‌شود (۳۲).

روش آبیاری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از سیستم آبیاری بارانی متحرک تأثیر مثبتی بر علکرد سویا تولیدی در مزارع استان مازندران داشت به‌طوری که عدم استفاده از آن باعث ۱۵/۳۳ درصد (۵۴۶/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از خلأ عملکرد شد (جدول ۱ و شکل ۲). بر اساس نتایج CPA در بررسی خلأ عملکرد سویا تولیدی در شهرستان کلاله استان گلستان نیز آبیاری بارانی با سهمی معادل ۳۵۹/۳ کیلوگرم در هکتار عامل ۱۳/۸ درصد از خلأ عملکرد بود. این محققین دلیل افزایش عملکرد ناشی از آبیاری بارانی را یکنواختی توزیع آب در مزرعه نسبت به آبیاری متداول منطقه (آبیاری کرتی) عنوان نمودند و بر این اساس جهت کاهش این فاصله عملکردی توسعه آبیاری بارانی را برای تأمین آب مورد نیاز گیاه پیشنهاد نمودند (۴۸). از آنجایی‌که یکی از چالش‌های بزرگ بخش کشاورزی تولید بیش‌تر مواد غذایی با آب کم‌تر است. بنابراین، به‌منظور افزایش کارایی استفاده از آب آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آن به‌ویژه در مناطق خشک مثل ایران نیاز به نوآوری‌ها احساس می‌شود (۳۳). با این حال مطابق شکل ۷ از مجموع ۳۰۱ مزرعه سویا مورد بررسی تنها ۸۰ مزرعه تحت آبیاری قرار گرفتند که از این میزان ۵۶ مزرعه یعنی معادل ۷۰ درصد به روش سطحی و تنها ۲۴ مزرعه یعنی در حدود ۳۰ درصد با استفاده از سیستم‌های بارانی آبیاری می‌شدند. این در حالی است که روش‌های آبیاری سنتی یا معمولی دارای کارایی مصرف آب پایینی هستند (۴۲). بر اساس نتایج به‌دست آمده از خروجی مدل تولید، روش آبیاری سطحی نیز به‌عنوان یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر محدودیت عملکرد سویا تولیدی در استان مازندران شناسایی شده که سبب فاصله عملکرد ۱/۸۲ درصدی (۶۵/۰۲ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۱ و شکل ۲). باتوجه به اینکه در مدل تولید، تأثیر متغیر آبیاری سنتی (سطحی) منفی بود که به معنی کاهش عملکرد با این روش آبیاری است؛ بنابراین، بهتر است تجدیدنظر در این روش آبیاری و ارائه شیوه‌های نوین آبیاری که در راستای اهداف توسعه پایدار کشاورزی می‌باشد در دستور کار سیاست‌گذاران و کشاورزان قرار گیرد. در ضمن با توجه به اینکه که ارقام مختلف سویا می‌توانند دارای کارایی مصرف آب متفاوتی باشند؛ بنابراین توجه به معرفی ارقام مناسب در کنار بهره‌گیری از روش‌های صحیح آبیاری هم می‌تواند یاری دهنده باشد. در این خصوص می‌توان به نتایج مطالعه‌ای جهت بررسی پاسخ چهار ژنوتیپ سویا به رژیم‌های مختلف آبیاری در جنوب شرقی ایالات متحده آمریکا اشاره کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های سویا از نظر کارایی مصرف آب وجود دارد؛ به‌طوری که مقادیر این شاخص در بین ژنوتیپ‌های مختلف از ۱/۱۴ - ۰/۵۵ کیلوگرم دانه تولیدی به ازای هر مترمکعب آب مصرفی متغیر بود (۲۶).



شکل ۷- فراوانی روش‌های آبیاری تحت مدیریت سویاکاران استان مازندران.

Figure 7- Frequency of irrigation type under the management of soybean farmers in Mazandaran province, Iran.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که در استان مازندران برای رسیدن به حداکثر عملکرد ممکن (۶۰۲۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار) در تولید سویا در مقایسه با متوسط عملکرد فعلی کشاورزان (۲۴۶۴/۹۷ کیلوگرم در هکتار)، عوامل محدودکننده مهمی وجود دارد که این عوامل روی هم رفته دلیل ۵۹ درصد خلأ عملکرد بوده‌اند. این عوامل مطابق نتایج حاصل از روش تحلیل مقایسه کارکرد شامل ۱۰ متغیر مقدار گوگرد مصرفی، محصول قبلی باقلا، سیستم آبیاری بارانی متحرک، شمار شخم ثانویه، کاربرد کود دی‌آمونیوم فسفات، رقم ساری، کاربرد علف‌کش، کاشت بذر با ردیف‌کار، آبیاری سطحی و کاربرد کود پتاسیم کلرید بودند که به‌ترتیب اهمیت سهمی معادل ۲۴/۵۲، ۱۷/۴۱، ۱۵/۳۳، ۱۱/۳۶، ۹/۷۴، ۷/۴۴، ۵/۷۱، ۵/۰۹، ۱/۸۲ و ۱/۵۸ درصد در خلأ عملکرد کل (۳۵۶۳/۷۰ کیلوگرم در هکتار) داشتند. از این رو به‌نظر می‌رسد که با آموزش و آگاهی بخشی کافی به کشاورزان و ارائه تسهیلات مناسب از سوی مسئولین امر به‌منظور مدیریت صحیح مزارع و بهینه‌سازی این عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد بتوان عملکرد سویا در مازندران را به میزان حدود ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به متوسط عملکرد فعلی افزایش داده و سبب کاهش این خلأ به‌وجود آمده شد. البته به‌منظور تعیین دقیق مقادیر بهینه هر یک از موارد ذکر شده و تصمیم‌های زراعی به‌منظور افزایش تولید، سایر روش‌های محاسبه خلأ عملکرد نظیر آنالیز خط مرزی، مدل‌های شبیه‌سازی و مطالعات تکمیلی در طی چند سال متوالی نیز پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

به این‌وسیله از همکاری مسئولین محترم سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران و کشاورزان شریف این استان سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abravan, P., Soltani, A., Majidian, M. and Mohsenabadi, Gh. 2017. Study of field management factors and underlying reasons limiting yield of oilseed rape in east of Golestan province using CPA method. J. Agroecol. 7: 2. 46-60. (In Persian)
2. Agricultural Planning, Economics, and Rural Development Research Institute (APERDRI). 2018. Investigating the

challenges and strategies for developing the value chain of oilseeds production. Iranian's Ministry of Agriculture-Jahad. Available at Web site www.agri-peri.ac.ir (In Persian)
3. Alberda, T.H. 1962. Actual and potential production of agricultural crops. Neth. J. Agric. Sci. 10: 5. 325-333.
4. Ansori, A. and Gholami, A. 2015. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with Thiobacillus and Mycorrhiza on an alkaline soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 46: 17. 2111-2126.
5. Bakhsh, K., Hassan, I. and Maqbool, A. 2005. Factors affecting cotton yield: a case study of Sargodha (Pakistan). J. Agri. Soc. Sci. 1: 4. 332-334.
6. Battisti, R., Sentelhas, P.C., Pascoalino, J.A.L., Sako, H., de Sá Dantas, J.P. and Moraes, M.F. 2018. Soybean yield gap in the areas of yield contest in Brazil. Int. J. Plant Prod. 12: 3. 159-168.
7. Beza, E., Silva, J.V., Kooistra, L. and Reidsma, P. 2017. Review of yield gap explaining factors and opportunities for alternative data collection approaches. Eur. J. Agron. 82: 206-222.
8. Bhatia, V.S., Singh, P., Wani, S.P., Chauhan, G.S., Rao, A.V.R.K., Mishra, A.K. and Srinivas, K. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-soybean model. Agric. For. Meteorol. 148: 8-9. 1252-1265.
9. Burkitbayev, M., Bachilova, N., Kurmanbayeva, M., Tolenova, K., Yerezhepova, N., Zhumagul, M., Mamurova, A., Turysbek, B. and Demeu, G. 2021. Effect of sulfur-containing agrochemicals on growth, yield, and protein content of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr). Saudi J. Biol. Sci. 28: 1. 891-900.
10. Cao, W., Huang, H. and Yang, M. 2014. The effect of agricultural mechanization on food yield in China. P 141900127, In 2014 Montreal, Quebec Canada July 13–July 16, 2014. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan.
11. Capaldi, F.R., Gratão, P.L., Reis, A.R., Lima, L.W. and Azevedo, R.A. 2015. Sulfur metabolism and stress defense responses in plants. Trop. Plant Biol. 8: 60-73.
12. Cazzato, E., Tufarelli, V., Ceci, E., Stellacci, A.M. and Laudadio, V. 2012. Quality, yield and nitrogen fixation of faba bean seeds as affected by sulphur fertilization. Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci. 62: 8. 732-738.
13. Chapagain, T. and Good, A. 2015. Yield and production gaps in rainfed wheat, barley, and canola in Alberta. Front. Plant Sci. 6: 990.
14. Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques (3rd Edition). John Wiley and Sons: New York. USA, 442 p.
15. Da Silva, A.F., Galon, L., Aspiazú, I., Ferreira, E.A., Concenço, G., Júnior, E.U.R. and Rocha, P.R.R. 2013. Weed management in the soybean crop. P 85-112, In: H.A. El-Shemy (eds), Soybean: pest resistance, IntechOpen, London, UK.
16. De Bie, C.A.J.M. 2000. Comparative performance analysis of agro-ecosystems. Ph.D. Thesis, Wageningen University and Research Centre. Enschede, Netherlands. 232 p.
17. De Ron, A.M. 2015. Grain legumes (Volume 10 of handbook of plant breeding). Springer. New York Heidelberg Dordrecht London, 438 p.
18. Dobermann, A.R., Arkebauer, T.J., Cassman, K.G., Drijber, R.A., Lindquist, J.L., Specht, J.E., Walters, D.T., Yang, H., Miller, D.N., Binder, D.L., Teichmeier, G.J., Ferguson, R.B. and Wortmann, C.S. 2003. Understanding corn yield potential in different environments. Agronomy and Horticulture - Faculty Publications, University of Nebraska–Lincoln. 16 p.
19. Ebone, L.A., Caverzan, A., Tagliari, A., Chiomento, J.L.T., Silveira, D.C. and Chavarria, G. 2020. Soybean seed vigor: uniformity and growth as key factors to improve yield. Agron. 10: 4. 545.
20. Egli, D.B. and Hatfield, J.L. 2014. Yield gaps and yield relationships in central U.S. soybean production systems. Agron. J. 106: 2. 560-566.
21. Espe, M.B., Cassman, K.G., Yang, H., Guilpart, N., Grassini, P., van Wart, J., Anders, M., Beighley, D., Harrell, D.,

Linscombe, S., McKenzie, K., Mutters, R., Wilson, L.T. and Linquist, B.A. 2016. Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunities for improvement. Field Crops Res. 196: 276-283.
22. Etemadi, F., Hashemi, M., Barker, A.V., Zandvakili, O.R. and Liu, X. 2019. Agronomy, nutritional value, and medicinal application of faba bean (*Vicia faba* L.). Hortic. Plant J. 5: 4. 170-182.
23. Fazili, I.S., Jamal, A., Ahmad, S., Masoodi, M., Khan, J.S. and Abdin, M.Z. 2008. Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrogen accumulation and harvest in oilseed crops differing in nitrogen assimilation potential. J. Plant Nutr. 31: 7. 1203-1220.
24. Fischer, R.A. 2015. Definitions and determination of crop yield, yield gaps, and of rates of change. Field Crops Res. 182: 9-18.
25. Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M. 2011. Solutions for a cultivated planet. Nature. 478: 7369. 337-342.
26. Garcia y Garcia, A., Persson, T., Guerra, L.C. and Hoogenboom, G. 2010. Response of soybean genotypes to different irrigation regimes in a humid region of the southeastern USA. Agric. Water Manag. 97: 7. 981-987.
27. Gibson, D.J., Millar, K., Delong, M., Connolly, J., Kirwan, L., Wood, A.J. and Young, B.G. 2008. The weed community affects yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). J. Sci. Food Agric. 88: 3. 371-381.
28. Gorjizad, A., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H. 2019. Evaluation of potential yield and yield gap associated with crop management in improved rice cultivars in Neka region. J. Agroecol. 11: 1. 277-294. (In Persian)
29. Grassini, P., Torrion, J.A., Yang, H.S., Rees, J., Andersen, D., Cassman, K.G. and Specht, J.E. 2015. Soybean yield gaps and water productivity in the western US Corn Belt. Field Crops Res. 179: 150-163.
30. Gutierrez Boem, F.H., Prystupa, P. and Ferraris, G. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. J. Plant Nutr. 30: 1. 93-104.
31. Hajjarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H. and Aynehband, A. 2017. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis (CPA) method. Iran. J. Crop Sci. 19: 2. 86-101. (In Persian)
32. Harker, K.N., and O'Donovan, J.T. 2013. Recent weed control, weed management, and integrated weed management. Weed Technol. 27: 1. 1-11.
33. Hassanli, A.M., Ebrahimizadeh, M.A. and Beecham, S. 2009. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. Agric. Water Manag. 96: 1. 93-99.
34. Havas, K. and Salman, M. 2011. Food security: its components and challenges. Int. J. Food Saf. Nutr. Publ. Health. 4: 1. 4-11.
35. Henderson, B., Godde, C., Medina-Hidalgo, D., Van Wijk, M., Silvestri, S., Douxchamps, S., Stephenson, E., Power, B., Rigolot, C., Cacho, O. and Herrero, M. 2016. Closing system-wide yield gaps to increase food production and mitigate GHGs among mixed crop–livestock smallholders in Sub-Saharan Africa. Agric. Syst. 143: 106-113.
36. Hochman, Z., Gobbett, D., Horan, H. and Garcia, J.N. 2016. Data rich yield gap analysis of wheat in Australia. Field Crops Res. 197: 97-106.
37. Hollander, N.G.D. 2012. Growth characteristics of several clover species and their suitability for weed suppression in a mixed cropping design. Ph.D. Thesis, Wageningen University. Wageningen, Netherlands, 132 p.
38. Itelima, J.U., Bang, W.J., Onyimba, I.A., Sila, M.D. and Egbere, O.J. 2018. Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop

productivity: a review. Dir. Res. J. Agric. Food Sci. 6: 3. 73-83.
39. Jahad Agricultural Organization of Ardabil Province. 2015. Planting pattern of two rows soybeans on ridge planting. Agricultural Extension Coordination Management, Jahad Agricultural Organization of Ardabil Province. (In Persian)
40. Jha, G.K., Burman, R.R., Dubey, S.K. and Singh, G. 2011. Yield gap analysis of major oilseeds in India. J. Community Mobil. Sustain. Dev. 6: 2. 209-216.
41. Kalantari, KH. 2017. Data processing and analysis in socio-economic research. Farhang Saba. Tehran, 402 p. (In Persian)
42. Koech, R. and Langat, P. 2018. Improving irrigation water use efficiency: a review of advances, challenges and opportunities in the Australian context. Water. 10: 12. 1771.
43. Kurniadie, D. and Redmann, R.E. 1999. Growth and chloride accumulation in soybean cultivars treated with excess KCl in solution culture. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30: 5-6. 699-709.
44. Liu, W., Tollenaar, M., Stewart, G. and Deen, W. 2004. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. Agron. J. 96: 6. 1668-1672.
45. Mahdi, S.S., Hassan, G.I., Samoon, S.A., Rather, H.A., Dar, S.A. and Zehra, B. 2010. Bio-fertilizers in organic agriculture. J. Phytol. 2: 10. 42-54.
46. Malakouti, M.J. 2018. The role of optimal fertilizer consumption in increasing yield and production of healthy agricultural products. Moballeghan. Tehran, 480 p. (In Persian)
47. Management and Planning Organization of Mazandaran province. 2020. Mazandaran Statistical Yearbook 2018. Deputy of Statistics and Information, Management and Planning Organization of Mazandaran province. Available at Web site: mazandaran.mporg.ir. (In Persian)
48. Mansouri rad, A., Nakhzari Moghadam, A., Soltani, A., Rahemi Karizaki, A. and Torabi B. 2018. Identifying soybean yield-limiting factors by using comparative performance analysis (case study: Golestan province – Kalaleh). J. Crops Improv. 19: 4. 1033-1046. (In Persian)
49. Merlos, F.A., Monzon, J.P., Mercau, J.L., Taboada, M., Andrade, F.H., Hall, A.J., Jobbagy, E., Cassman K.G. and Grassini, P. 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. Field Crops Res. 184: 145-154.
50. Ministry of Agriculture-Jahad. 2020. Annual agricultural statistics, Vol 1. Ministry of Agriculture Planning and Economic Deputy, Iranian's Ministry of Agriculture-Jahad. Available at Web site www.maj.ir. (In Persian)
51. Mirza, IAB., Sirsath, MK. and Khazi, GS. 2018. Production and productivity of soybean as influenced by integrated sulphur management. J. Pharmacogn. Phytochem. 7: 1S. 2469-2471.
52. Naylor, R.E.L. 2002. Weed management handbook, 9th ed. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK, 432 p.
53. Nehbandani, A., Soltani, A., Rahemi-Karizaki, A., Dadrasi, A. and Noubakhsh, F. 2021. Determination of soybean yield gap and potential production in Iran using modeling approach and GIS. J. Integr. Agric. 20: 2. 395-407.
54. Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E. and Hoseini, F. 2017. Analyzing soybean yield constraints in Gorgan and Aliabad katul using CPA method. J. Agroecol. 7: 1. 109-123. (In Persian)
55. Nemecek, T., von Richthofen, J.S., Dubois, G., Casta, P., Charles, R. and Pahl, H. 2008. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. Eur. J. Agron. 28: 3. 380-393.
56. Nezamzadeh, S.E., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H. 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed production using comparative performance analysis (CPA) and boundary-line analysis (BLA) methods in Neka region. Appl. Res. Field Crops. 32: 2. 76-107. (In Persian)
57. Ng, T.B. 2011. Soybean: applications and technology. IntechOpen Press, India. 412 p.

58. Norsworthy, J.K. 2003. Use of soybean production surveys to determine weed management needs of south carolina farmers. Weed Technol. 17: 1. 195-201.
59. Ouda, S., Zohry, A. E.H., and Noreldin, T. 2018. Crop rotation: an approach to secure future food. Springer. Switzerland. 194 p.
60. Pereira, D.G.C., Santana, I.A., Megda, M.M. and Megda, M.X.V. 2019. Potassium chloride: impacts on soil microbial activity and nitrogen mineralization. Cienc. Rural. 49: 5. 1-9.
61. Rajapakse, D.C. 2003. Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). Netherlands. 100 p.
62. Rezaei, A. and Soltani, A. 2013. An introduction to applied regression analysis. Isfahan University of Technology Publication Center. Isfahan. 294 p. (In Persian)
63. Rong, L.B., Gong, K.Y., Duan, F.Y., Li, S.K., Zhao, M., He, J., Zhou, W.B. and Yu, Q. 2021. Yield gap and resource utilization efficiency of three major food crops in the world–a review. J. Integr. Agric. 20: 2. 349-362.
64. Sentelhas, P.C., Battisti, R., Câmara, G.M.S., Farias, J.R.B., Hampf, A.C. and Nendel, C. 2015. The soybean yield gap in Brazil–magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. J. Agric. Sci. 153: 8. 1394-1411.
65. Siadat, S.A., Bahrami, S., Pourhadian, H., and Moshatati, A. 2012. Effects of intra row space on yield and yield components of soybean cultivars in summer cultivation in Khormabad. Crop Physiol. J. 4: 15. 5-15. (In Persian)
66. Siahmarguee, A., Torabi, B., Sohrabi Rad, E.M. and Alimagham, S.M. 2018. Effect of weeds and management factors on soybean yield gap in Kalaleh region. J. Crops Improv. 20: 2. 563-576. (In Persian)
67. Skaf, L., Buonocore, E., Dumontet, S., Capone, R. and Franzese, P.P. 2019. Food security and sustainable agriculture in Lebanon: an environmental accounting framework. J. Cleaner Prod. 209: 1025-1032.
68. Soltani, A., Hajjarpour, A. and Vadez, V. 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. Field Crops Res. 185: 21-30.
69. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S. and Zeinali, E. 2012. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. J. Crop Prod. 4: 4. 1-17. (In Persian)
70. Van Ittersum, M.K. and Cassman, K.G. 2013. Yield gap analysis-rationale, methods and applications-introduction to the special issue. Field Crops Res. 143: 1-3.
71. Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-a review. Field Crops Res. 143: 4-17.
72. Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M. and Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Res. 143: 34-43.
73. Vivian, R., Reis, A., Kálnay, P.A., Vargas, L., Ferreira, A.C.C. and Mariani, F. 2013. Weed management in soybean-issues and practices. P 47-84, In: H.A. El-Shemy (eds), Soybean: pest resistance, IntechOpen, London, UK.
74. Vollmann, J., Wagentristl, H. and Hartl, W. 2010. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. Eur. J. Agron. 32: 4. 243-248.
75. Zhang, W., Cao, G., Li, X., Zhang, H., Wang, C., Liu, Q., Chen, X., Cui, Z., Shen, J., Jiang, R., Mi, G., Miao, Y., Zhang, F. and Dou, Z. 2016. Closing yield gaps in China by empowering smallholder farmers. Nature. 537: 671-674.
76. Ziska, L.H. 2016. The role of climate change and increasing atmospheric carbon dioxide on weed management: herbicide efficacy. Agric. Ecosyst. Environ. 231: 304-309.