Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No. 2, 2025, p. 239-264

Evaluation of Environmental Effects of Applied Pesticides on Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Barley (*Hordeum vulgare* L.) Fields in Fazel Abad Region, Ali Abad Katool County

Zahra Deilam[1], Hossein Kazemi[2]*, Maral Neiazmoradi[3] and Javid Gherekhloo[4]

1- MSc Graduate, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2- Professor, Department of Horticulture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3- Phd Graduate, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
(*- Corresponding author's Email: hkazemi@gau.ac.ir)

Received: 06-08-2024
Revised: 17-10-2024
Accepted: 22-02-2025
Available Online: 27-07-2025

How to cite this article:
Deilam, Z., Kazemi, H., Neiazmoradi, M., & Gherekhloo, J. (2025). Evaluation of environmental effects of applied pesticides on (*Triticum aestivum* L.) and Barley (*Hordeum vulgare* L.) fields in Fazel Abad region, Ali Abad Katool county. *Journal of Agroecology*, *17*(2), 239-263. (In Persian with English abstract)
https://doi.org/10.22067/agry.2025.89253.1207

Introduction

Excessive use of pesticides in agriculture creates many consequences for public health and environmental pollution. Numerous measures have been implemented in pest management and pesticide use to minimize the harmful effects of pesticide products. The Environmental Impact Quotient (EIQ) has been developed to quantify the risks of pesticides to humans and the environment. We can identify the most detrimental pesticides by measuring such a quotient and then enhancing society's biological health through replacing them with safer alternatives. The environmental effects of pesticide application by using that the environmental impact quotient were considered in this study. This study investigated the environmental effects of pesticides used in wheat and barley fields in Aliabad Katool county, Golestan province.

Materials and Methods

This study was conducted in wheat and barley fields in Fazel Abad of Ali Abad Katool County during 2021-2022. For this purpose, 22 wheat fields and 12 barley fields were randomly selected. The information related to pesticide spraying, field area, crop rotation and crop yields was collected from farmers as questionnaires. Then the amount of environmental effect of pesticides per hectare (EIQ-FUR) was obtained from the product of their EIQ value in the amount of effective substance and the consumption amount per hectare.

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

https://doi.org/10.22067/agry.2025.89253.1207

Results and Discussion

According to the results of this study, the highest amount of damage to farm workers is in the group of herbicides related to Bromicide, in the group of insecticides related to Dursban, and in the group of fungicides to Altocombi, Raxil and Folicur determined. Also, Raxil, Folicur and Altocombi fungicides showed more damage to consumers and leaching risk. In addition, two insecticides, Diazinon and Dursban, were introduced as the most dangerous pesticides to environmental organisms. Also, Pumasuper, Altocombi, Folicur, and Raxil were known to be harmful pesticides on ecological components. In general, based on the EIQ index for each pesticide, Altocombi, Pumasuper, Dursban, Diazinon and Folicur were introduced as the most dangerous pesticides. Based on the EIQ index for each pesticide, Altokambi, Pumasuper, Dursaban and Folicor were introduced as the most dangerous pesticides in the fields. Considering the average consumption of pesticides per hectare and the amount of their effective substance in addition to the EIQ index, Inovor (18.48), Dursban (17.83), Bromicide (17.01), Diazinon (16.66), Malathion (13.68), 2,4-D (13.44), Bazagran (13.44) and Artea (13.25) were considered as dangerous pesticides in the region and therefore more planning should be done in using or replacing them.

Conclusion

The classification of the environmental impact of pesticides used in the study area indicated that environmental damage was greater in wheat fields than in barley fields. Barley fields fell into the very low to low damage categories, while wheat fields were classified as having moderate damage. This suggests that wheat farmers relied more heavily on chemical pesticides. Considering the necessity of planning for the use of pesticides and informing farmers about the risks of consumption and paying attention to the use of low-damage pesticides, it is suggested that this index be calculated for all pesticides used in the region and the selection of pesticides in integrated pest management programs should be done according to this index.

Acknowledgments

We would like to thank Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, wheat and barley farmers, and the Agricultural Jihad Management of Fazel Abad region, Ali Abad Katool county for their cooperation in conducting this research.

Keywords: Consumers, EIQ, Environment, Fungicide, Herbicide, Insecticide

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱٤۰٤، ص ۲٦٤-۲۳۹

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مورد استفاده در مزارع گندم (Triticum aestivum L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) بخش فاضل‌آباد شهرستان علی آباد کتول

زهرا دیلم[۱]، حسین کاظمی[۲*]، مارال نیازمرادی[۳] و جاوید قرخلو[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۴

چکیده:

شاخص تأثیر محیطی (EIQ) برای تعیین کمیت خطرات آفت‌کش‌ها برای انسان و محیط زیست توسعه داده شده است. با اندازه‌گیری این شاخص می‌توان پرخطرترین آفت‌کش‌ها را از لحاظ زیست‌محیطی شناسایی و با جایگزینی آن‌ها با آفت‌کش‌های دیگر، سلامت زیستی جامعه را تأمین نمود. در این مطالعه، اثرات زیست‌محیطی مصرف آفت‌کش‌ها در مزارع گندم و جو در بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ۲۲ مزرعه گندم و ۱۲ مزرعه جو به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و اطلاعات مربوط به کاربرد آفت‌کش‌ها، مساحت مزارع، تناوب زراعی و عملکرد محصول در قالب پرسش‌نامه از کشاورزان جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان آسیب به کارگر مزرعه در گروه علف‌کش‌ها متعلق به بروموایسید، در گروه حشره‌کش‌ها مربوط به دورسبان و در گروه قارچ‌کش‌ها به آلتوکمبی تعلق گرفت و به‌طور کلی، در مصرف دو علف‌کش بروموایسید، فولیکور و راکسیل بیش‌ترین آسیب متوجه کارگران مزرعه خواهد بود. همچنین در میان آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع مورد بررسی، قارچ‌کش‌های راکسیل، فولیکور و آلتوکمبی در مقایسه با گروه آفت‌کشی علف‌کش و حشره‌کش، آسیب بیش‌تری بر جزء مصرف‌کنندگان و خطر آب‌شویی در محیط زیست نشان دادند. بررسی آفت‌کش‌های مصرفی و آسیب بر اجزای بوم‌شناختی، دو حشره‌کش دیازینون و دورسبان را به‌عنوان خطرناک‌ترین آفت‌کش‌ها بر موجودات محیط زیست معرفی کرد. براساس شاخص EIQ برای هر آفت‌کش، سموم آلتوکمبی، پوماسوپر، دورسبان و فولیکور خطرناک‌ترین آفت‌کش‌ها در مزارع مورد بررسی معرفی شدند. همچنین سموم اینوور (۱۸/۴۸)، دورسبان (۱۷/۸۳)، بروموایسید (۱۷/۰۱)، دیازینون (۱۶/۶۶)، مالاتیون (۱۳/۶۸)، توفوردی (۱۳/۴۴)، بازاگران (۱۳/۴۴) و آرتیا (۱۳/۲۵) به‌عنوان سموم پرخطر در منطقه در نظر گرفته شدند و لازم است که در استفاده از آن‌ها تجدید نظر صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: جزء مصرف‌کننده، حشره‌کش، شاخص EIQ، علف‌کش، قارچ‌کش، محیط زیست

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲-استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- دانش‌آموخته دکترای زراعت، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴-استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: hkazemi@gau.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2025.89253.1207

مقدمه

آفت از نگاه بوم‌شناختی یک واژه قراردادی است و تمامی موجودات، کارکردهای خاص خود را دارند و نمی‌توان هیچ‌یک را زیان آور دانست، امّا انسان با تأثیر بر زیست‌کره، از جمله فرآیند کشاورزی، دامی، صنعتی و سایر فعالیت‌ها، نظم بوم‌نظام‌های طبیعی را بر هم می‌زند. ازآن‌¬جایی‌که کشاورزی به‌عنوان منبع اصلی درآمدی ۵۱ درصد جمعیت جهان محسوب می‌شود، خسارت ناشی از آفات می‌تواند منجر به کاهش معنی‌داری در عملکرد و درآمد شود (FAO, 2009). در حال حاضر کشاورزی یکی از اصلی‌ترین مؤلفه‌های بر هم زدن تعادل زیست‌بوم‌ها و کاهنده توان زیست‌پالایی است و در بهترین حالت از ۱۰۰ درصد سموم مورد استفاده در کشاورزی، ۲۵ درصد آن صرف کشتن آفات و علف‌های هرز می‌شود و بقیه آن از طریق مختلف وارد محیط زیست شده و باعث آلودگی می‌شود (Barzegar, 2019). ارزیابی خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف سموم شیمیایی نشان می‌دهد که این مشکلات به مرور زمان گسترش یافته و این موضوع از بالا رفتن میزان پژوهش‌های مربوط به بررسی اثرات زیست‌محیطی سموم در ایالات متحده و اروپا مشخص می‌باشد. متأسفانه آمار این‌گونه مطالعه‌ها در کشورهای در حال توسعه با وجود مصرف فراوان سموم، پایین است (Pingali & Roger, 1995). امروزه با آگاهی در مورد مخاطرات ناشی از استفاده سموم کشاورزی، راهکارهای متعددی جهت کاهش این اثرات ارائه شده است که می‌توان به کشاورزی ارگانیک، مدیریت تلفیقی آفات و آموزش مصرف صحیح سموم اشاره کرد (Khosravi & Tohidfar, 2014).

به مرور زمان و با افزایش آگاهی بشر از این زیان‌ها، تقاضا برای کاهش پیامدهای منفی در فرآیند تولید، افزایش یافته است. هدف متخصصان کمینه کردن یا حذف این پیامدهای جانبی منفی، برای دستیابی به محیط‌زیست پاک برای نسل‌های آینده می‌باشد، به‌طوری‌که در کنار افزایش بهره‌وری و کارآیی با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، بتوان در جهت کاستن آلاینده‌های زیست‌محیطی پیش‌رفت (Molaei et al, 2017). براین اساس، امروزه عوارض خطرناک سلامتی ناشی از مواجه بیش از حد با سموم شیمیایی، به یک بحران مهم سلامتی در سطح جهان، به‌خصوص در کشورهای جهان سوم تبدیل شده است (Rezaei et al., 2020; Philippe et al., 2021) و توجه به ایمنی غذا از سطح مزرعه، یک شرط ضروری برای سلامت محصول و تولید محصول سالم در نظر گرفته می‌شود (Gizaw, 2019).

روش EIQ اساساً یک فرمول ریاضی است که تأثیر زیست-محیطی مواد فعال آفت‌کش‌ها را براساس تبدیل مجموعه‌ای از اطلاعات فیزیکی- شیمیایی و سم‌شناسی، مانند سمیّت پوستی حاد، سمیّت برای پرندگان، اثرات درازمدت بر سلامتی و پتانسیل رواناب خاک تعیین می‌کند (Peterson & Shleier, 2014). این روش ارزیابی توسط جوزف کوواچ، استاد حشره‌شناسی در دانشگاه ایالتی اوهایو پیشنهاد شده است. از این شاخص برای سازماندهی داده‌های گسترده سم‌شناسی موجود درباره آفت‌کش‌های رایج، جهت ارزیابی می‌توان بهره گرفت. در واقع این شاخص، بیشتر نگرانی‌ها در مورد مقرون‌به‌صرفه بودن و کارآیی آفت‌کش‌ها را برطرف می‌کند. همچنین هزینه‌های غیرمستقیم استفاده از آفت‌کش‌ها از جمله سلامت کارگران و قرار گرفتن در معرض مصرف‌کننده و همچنین هزینه‌های حیات وحش، سلامت محیطی و ایمنی را می‌توان به‌وسیله این شاخص آشکار ساخت (Arkin, 2011).

استفاده از مدل EIQ [1] در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی علف‌کش‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی گندم در کشور در طی دوره ۱۰ ساله (سال‌های ۷۳ تا ۸۳)، توسط دیهیم‌فرد و همکاران (Deihimfard et al., 2004) نشان داد که میزان توزیع (مصرف) و نیز به تبع آن اثرات محیطی (EI) [2] در بیشتر استان‌های کشور روندی صعودی داشته و احتمال می‌رود که این روند همچنان ادامه داشته باشد. با توجه به میزان مصرف و ضرایب اثر محیطی سموم علف‌کش، هشت استان فارس، خوزستان، گلستان، لرستان، کرمانشاه، خراسان، آذربایجان‌غربی و اردبیل نسبت به سایر استان‌ها اثرات زیست‌محیطی بیش‌تری داشتند. محلوجی‌راد و همکاران (Mahlouji Rad et al., 2012) در بررسی اثرات زیست‌محیطی قارچ‌کش‌های ثبت‌شده در ایران نشان دادند که قارچ‌کش‌های مخلوط بردو و اکسی کلرور مس از گروه ترکیبات غیرآلی بیش‌ترین و تبوکونازول و هگزاکونازول از گروه تری‌آزول دارای کم‌ترین ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای بودند. پرخطرترین گروه قارچ‌کشی هم مربوط به گروه دارای نحوه عمل فعالیت تماسی چند

1- Environmental Impact Quotient
2- Environmental impact

محلی است که مخلوط بردو و اکسی کلرور مس جزء این گروه هستند.

معین‌الدینی و همکاران (Moeinoddini et al., 2014)، اثرات زیست‌محیطی حشره‌کش‌های ثبت‌شده در ایران را بررسی کرده و نشان دادند که استان‌های کرمان، مازندران و گلستان از نظر میزان مصرف و اثرات تجمعی سموم حشره‌کش در هر هکتار زمین زیرکشت در مقایسه با سایر استان‌ها بیش‌ترین اثرات زیست‌محیطی را داشتند. همچنین سه استان شمالی مازندران، گلستان و گیلان به‌ازای یک تن تولید محصول زراعی، بیش‌ترین مخاطرات زیست‌محیطی را نشان دادند. در بررسی شاخص EIQ آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم و جو در مشهد، بیش‌ترین و کم‌ترین خطر در جزء مصرف‌کننده و آب‌شویی به‌ترتیب مربوط به قارچ‌کش کاربندازیم و حشره‌کش دلتامترین بوده است. همچنین بیش‌ترین آسیب به بخش بوم‌شناختی توسط حشره‌کش دیازینون ایجاد شده است (Maleki et al., 2015).

در بررسی مخاطرات زیست‌محیطی حشره‌کش‌های پرمصرف در منطقه هشتگرد با استفاده از شاخص EIQ، یدالهی نوش‌آبادی و همکاران (Yadollahi Nooshabadi et al., 2017) نشان دادند که در این منطقه، سمیّت بالقوه ایمیداکلوپراید (کنفیدور) و تأثیر محیطی مزرعه‌ای مالاتیون بیش‌تر بوده است. بیش‌ترین خطر در هر سه جزء کارگران مزرعه، مصرف‌کننده و بوم‌شناختی مربوط به سم ایمیداکلوپراید بوده که این سم را به‌عنوان خطرناک‌ترین حشره‌کش منطقه معرفی کردند. حسینی (Hoseini, 2018) در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مورد استفاده در مزارع گندم، کلزا، پنبه و سویا در شهرستان‌های گرگان و علی آبادکتول نشان دادند که حشره‌کش‌های دیازینون، پروفنوفوس، کلرپیریفوس، تیودیکارب، ایمیداکلوپراید، پروپارژیت و دیمیتوات و قارچ‌کش‌های کاربندازیم، پروپیکونازول و تبوکونازول جزو پرمخاطره‌ترین آفت‌کش‌های مصرفی بودند. نیازمرادی و همکاران (Niazmoradi et al., 2024) در بررسی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در ۵۹ مزرعه گندم شهرستان بندرترکمن نشان دادند که تعداد پنج مزرعه آبی گندم، EIQ-FUR بالاتر از ۲۵ داشته و به‌عنوان بوم‌نظام‌هایی با اثر محیط زیستی متوسط شناخته شدند.

کراس و ادوارد جونز (Cross & Edwards-Jones, 2006)، اثر زیست‌محیطی سموم مصرفی در بریتانیای کبیر را در مدت ۱۰ سال (۱۹۹۲-۲۰۰۳) در تولید چهار محصول زراعی گندم، جو زمستانه، جو بهاره و کلزا بررسی کرده و نشان دادند که کاهش متوسط اثرات زیست‌محیطی در این دوره، در گیاه گندم تا ۱۲ درصد، جو زمستانه ۳۱ درصد، جو بهاره نُه درصد و کلزا تا پنج درصد بوده است و در طی ۱۰ سال گذشته، کل اثرات مضر ایجادشده به‌وسیله آفت‌کش‌ها به‌علت کاهش مصرف آن‌ها کاهش داشته است.

ماچاریا و همکاران (Macharia et al., 2009) در بررسی مخاطرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در سبزیجات در کنیا نشان دادند که در تولید ۶۲ محصول سبزی، ۳۶ ماده مؤثره استفاده شده است. از بین این سموم مصرفی، سازمان بهداشت جهانی هشت درصد را به‌عنوان ترکیبات خطرناک، ۲۵ درصد را به‌عنوان مواد سرطان‌زا و ۴۸ درصد را محتمل به سرطان‌زایی معرفی کردند. در تحقیق دیگری در مزارع گوجه‌فرنگی *Solanum lycopersicum* (L.) ، نشان داده شد که استفاده از آفت‌کش‌ها بیش‌ترین تأثیر را بر کارگران و بندپایان مفید داشته و کم‌ترین اثر منفی را بر ماهیان و مصرف‌کنندگان گذاشته است (Sande et al., 2011). دوریس و همکاران (Doris et al., 2011) با شاخص EIQ و از طریق ارزیابی مضرات متیل بروماید و جایگزین‌های پیشنهادی آن روی کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان، مهره‌داران مفید، پرندگان، ماهی‌ها و زنبورها، نشان دادند که یدومتان کم‌ترین مقدار این شاخص و نرخ مصرف مزرعه‌ای را داشت و جایگزینی آن با یدو متان با کم‌ترین خطر همراه است. ارزیابی اثرات کاربرد آفت‌کش‌ها در میان مزارع کاکائو(*Theobroma cacao*) در منطقه غرب کشور غنا نشان داد که استفاده از مس هیدروکسید، ایمیداکلوپراید (کونفیدور) و استامی‌پراید در منطقه مطالعاتی، خطرات زیادی برای محیط زیست به‌خصوص برای حشرات و گرده‌افشان‌ها ایجاد می‌کند (Ansah, 2019).

کومارکانوجیا و اسریکش (Kumar Kanojia & Sreekesh, 2020) در بررسی اثر زیست‌محیطی در کشت برنج (*Oryza sativa*) در منطقه لودیانای شمال هند از مدل EIQ استفاده کرده و نشان دادند که مطابق طبقه‌بندی سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1]، ۵۰ درصد از مزارع EIQ-FUR پایین (۲۵-۵۰)، ۱۹ درصد اثر زیست‌محیطی بسیار پایین (< ۲۵) و ۳۱ درصد نیز مقدار اثر زیست‌محیطی متوسط (۵۰-۱۰۰) را نشان دادند. در ارزیابی خطر علف‌کش‌ها در مقایسه با سایر آفت‌کش‌ها در برزیل، کاربونری و ولینی (Carbonari

1- World Health Organization

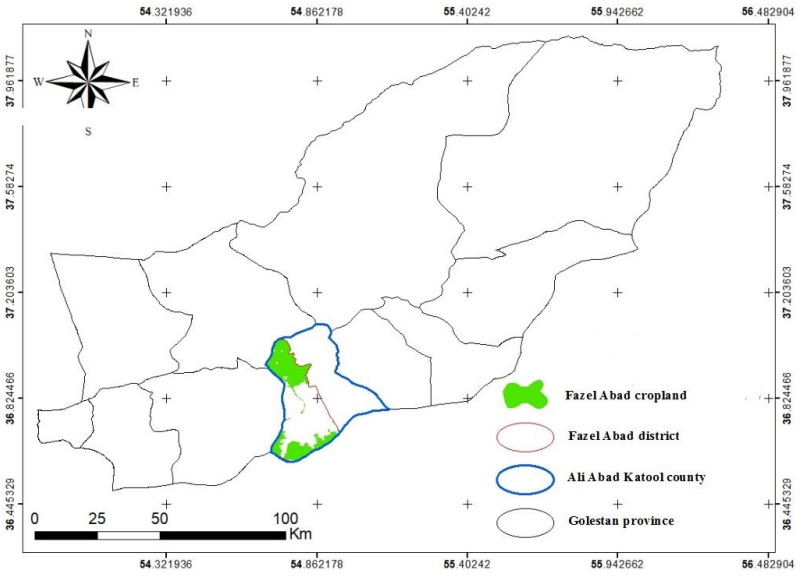
& Velini, 2021) نشان دادند که میانگین دوز و ضریب تأثیر محیط زیستی (EIQ) سموم به‌طور مداوم کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد، سموم و تولیدات جدید کارآمدتر بوده و خطرات کم‌تری برای محیط زیست، کشاورزان و مصرف‌کنندگان دارند.

اصولاً با توجه به منطقه و شرایط آب و هوایی، میزان و دفعات سم‌پاشی متفاوت می‌باشد. در بیش‌تر نقاط استان گلستان و به‌خصوص بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آباد کتول، به‌علت بالا بودن میزان بارندگی (حدود ۶۰۰ میلی‌متر در سال) و آب و هوای مرطوب در بیش‌تر سال، شرایط برای تشدید وقوع خسارت آفات و عوامل بیماری‌زا فراهم است. از طرفی، با توجه به تنوع محصولات کشاورزی، نظام کشت فشرده و زیرکشت بودن زمین‌های کشاورزی در تمام طول سال، میزان مصرف سموم کشاورزی در واحد سطح مزارع بالا است. بنابراین هدف این مطالعه، تعیین وضعیت اثرات زیست‌محیطی سموم مصرفی در زراعت گندم و جو به‌عنوان گیاهان زراعی اصلی در بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آباد کتول (استان گلستان) با استفاده از شاخص تأثیر محیطی (EIQ) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

این مطالعه به‌منظور بررسی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی زراعت گندم و جو بخش فاضل‌آباد در شهر علی‌آبادکتول (استان گلستان) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. بخش فاضل‌آباد با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع نسبی ۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. منطقه مورد بررسی از غرب به شهرستان گرگان، از شرق به شهر علی‌آبادکتول، از شمال به شهرستان آق‌قلا و از جنوب به استان سمنان منتهی می‌شود (شکل ۱). از محصولات عمده در این منطقه می‌توان گندم، جو، کلزا، نخودفرنگی، باقلا، سویا، برنج، ذرت، پنبه، سیب‌زمینی و چغندرقند را نام برد. در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، سطح کشت حدود ۹۹۰۹ هکتار به گندم آبی، ۲۲۰۶ هکتار به گندم دیم، ۴۴۳/۵ هکتار جو آبی و ۲۵۰ هکتار به جو دیم اختصاص داده شد. همچنین مجموع بارندگی در طول دوره رشد این محصولات (مهر- خرداد)، ۴۲۳/۶ میلی‌متر ثبت شد (Fazel Abad Agricultural Service Center, 2022).



شکل ۱- موقعیت زمین‌های کشاورزی بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 1- The location of agricultural lands of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan province

انتخاب مزارع و جمع‌آوری اطلاعات مدیریتی

به‌منظور ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سموم مصرفی در محصولات گندم و جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی آبادکتول، تعداد ۲۲ مزرعه گندم و ۱۲ مزرعه جو، با پراکندگی یکنواخت در جهات مختلف جغرافیایی منطقه انتخاب و موقعیت آن‌ها با استفاده از دستگاه GPS ثبت گردید. اطلاعات و داده‌های مربوط به تمامی آفت‌کش‌های مصرفی برای مهار و مدیریت آفات (برحسب نوع سم، تعداد دفعات سم‌پاشی و غلظت ماده مؤثره) و همچنین میزان عملکرد اقتصادی برداشت‌شده توسط کشاورزان و نوع عملیات زراعی هر مزرعه، از طریق پایش مزارع، پرسش‌نامه و مصاحبه چهره‌به‌چهره با کشاورزان و مدیران مزرعه گردآوری و ثبت شد (جدول ۱ و ۲).

شاخص اثر محیط زیستی آفت‌کش‌ها (EIQ)

ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها در زراعت گیاهان مورد بررسی در این مطالعه، با استفاده از روش EIQ انجام شد. مقدار عددی این شاخص، میانگین سه جزء اصلی آسیب می‌باشد (معادله ۱).

جدول ۱- مشخصات مزارع گندم و جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Table 1- Characteristics of wheat and barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan province

محصول Crop	شماره مزرعه Field number	مختصات UTM Coordinate X	مختصات UTM Coordinate Y	مساحت Area (ha)	سامانه System	تعداد سم‌پاشی Number of sprays	عملکرد Yield (ton.ha^{-1})
گندم Wheat	1	293896	4094105	2	1	4	4.5
	2	295423	4093374	3	1	2	4.1
	3	300577	4088260	5	1	4	5.0
	4	301394	4086079	12	1	4	4.5
	5	301435	4088624	20	1	5	6.8
	6	301913	4093171	2	1	3	4.9
	7	301654	4094982	2	1	3	4.3
	8	302357	4096316	2	1	4	6.0
	9	294595	4093751	3	1	4	4.5
	10	293748	4099632	7.5	2	4	2.8
	11	303086	4083008	3	1	3	4.1
	12	295348	4090044	3	1	3	5.0
	13	296686	4102287	11	2	3	2.0
	14	300768	4097052	2	2	3	2.5
	15	294484	4096791	3	2	3	3.5
	16	301897	4086498	3	1	3	4.6
	17	303035	4084450	4	1	4	5.0
	18	302439	4085051	3	1	4	4.0
	19	296450	4088983	3	1	1	4.0
	20	298293	4089741	4	2	2	2.3
	21	301583	4082991	5	1	5	5.0
	22	301312	4082093	2	1	3	4.8
جو Barley	1	295940	4095244	2	2	4	4.5
	2	301435	4088624	5	2	3	6.0
	3	297537	4098155	2	2	1	2.3
	4	302812	4083281	2	2	3	4.0
	5	303846	4089521	2.5	2	2	3.0
	6	296119	4093644	4	2	1	3.5
	7	295228	4093166	4	2	3	2.2
	8	300484	4093569	1.5	2	3	3.5
	9	301897	4086498	4	2	2	4.0
	10	300043	4089738	2	2	1	2.7
	11	298624	4094164	3	2	0	4.7
	12	302070	4084348	2.5	2	0	4.5

۱: نظام آبی و ۲: دیم

1: Irrigated, 2: Rainfed

جدول ۲- فهرست آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم و جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Table 2- List of pesticides used in wheat and barley fields of Fazel Abad district Ali Abad Katool county, Golestan province

محصول Crop	نام آفت‌کش Pesticide	شماره مزرعه Field number	نام آفت‌کش Pesticide	شماره مزرعه Field number
گندم Wheat	راکسیل Raxil	تمامی مزارع All fields	برومایسید Bromicide	تمامی مزارع به‌جز ۲، ۱۳، ۱۵ و ۲۰ All fields except 2, 13, 15, 20
	آتلانتیس Atlantis	تمامی مزارع به‌جز ۲، ۱۲، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ All fields except 2, 17, 20, 21, 22	تیلت Tilt	1, 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 16, 21, 22
	آلتوکمبی Altocombi	4, 5, 6, 9, 11, 12, 15, 16, 20	دیازینون Diazinon	7, 9, 10, 16, 17, 18, 20
	فولیکور Folicur	3, 7, 10, 13, 14, 15, 17	استامی پراید Acetamiprid	5, 6, 16
	دسیس Decis	1, 3, 4	اینوور Inovor	11, 12, 17
	سایپرمترین Cypermethrin	8	آرتیا Artea	8
	اتللو Othello	22	مالاتیون Malathion	20
جو Barley	کربوکسین تیرام Carboxin Tiram	تمامی مزارع به‌جز ۷ All fields except 7	تیلت Tilt	1, 3, 5, 6, 7, 9
	برومایسید Bromicide	1, 7, 9, 10	پوماسوپر Puma super	7, 8, 9
	آلتوکمبی Altocombi	2, 3	توفوردی 2, 4-D	2
	بازاگران Basagran	4	گرانستار Granstar	8
	راکسیل Raxil	7	دورسبان Dursban	5

اجزای تشکیل‌دهنده این شاخص شامل آسیب بالقوه برای سلامت کارگران مزرعه (معادله ۲)، آسیب به مصرف‌کنندگان از طریق اثر مستقیم مواد سمی باقی‌مانده در محصولات غذایی و یا از طریق آلودگی آب‌های زیرزمینی (معادله ۳) و اثرات منفی بالقوه برای محیط زیست شامل موجودات زنده آبزی و خشکی‌زی (معادله ۴) را نشان می‌دهد (Kovach et al., 1992). به این ترتیب، مدل EIQ مجموعه اطلاعات اثرات زیست‌محیطی مصرف آفت‌کش است که به‌صورت یک عدد از طریق معادله جبری ارائه‌شده در زیر محاسبه می‌گردد (معادله ۵) (Kovach et al., 1992; Bazrgar et al., 2013; Gios et al., 2022).

$$EIQ_i = (X_1 + X_2 + X_3)/3$$ معادله (۱)

$$X_1 = C\,[(DT\times5) + (DT\times P)]$$ معادله (۲)

$$X_2 = [(C\times P\times SY) + (L)]$$ معادله (۳)

$$X_3 = [(F\times P) + (T\times P\times5) + (Z\times P\times3)]$$ معادله (۴)

معادله (۵)

$$EIQ_i = \{C[(DT\times5)+(DT\times P)]+[(C\times P\times SY)+(L)]+[(F\times P)+(T\times P\times5)+(Z\times P\times3)]\}/3$$

معادله (۶)

$$\{C[(DT\times5)+(DT\times P)]+[(C\times P\times SY)+(L)]+[(F\times R)+(D\times((S+P)/2)\times3)+(Z\times P\times3)+(B\times P\times5)]\}/3$$

که در آن‌ها، i: آفت‌کش مصرفی، DT: سمیّت پوستی، C: سمیّت مزمن، SY: سیستمیک بودن، F: سمیّت برای ماهی‌ها، L: پتانسیل آب‌شویی، R: پتانسیل تلفات سطحی، D: سمیّت برای پرندگان، S: نیمه عمر خاک، Z: سمیّت برای زنبورعسل، B: سمیّت برای بندپایان سودمند و P: نیمه عمر در سطح گیاه است (Kovach et al., 1992).

در معادله‌های ذکرشده، X_1 میزان آسیب به کارگران مزرعه را تعریف می‌کند که از طریق مجموع آسیب به کارگران سم‌پاش (DT×5) و کارگران برداشت‌کننده (DT×P) و حاصل‌ضرب آن با میزان سمیّت مزمن (C) به دست می‌آید. X_2، آسیب به بخش مصرف‌کنندگان که به‌صورت مجموع پتانسیل در معرض قرار گرفتن مصرف‌کنندگان (C×P×SY) به اضافه خطر اثرات نامطلوب طولانی-

مدت بر موجودات آبزی (L) تعریف می‌شود. تأثیر بر موجودات آبزی در معادله X_2 گنجانده شده است، زیرا شامل پایداری شیمیایی در آب‌های زیرزمینی است که ممکن است بر سلامت انسان (از طریق نوشیدن آب آلوده) و همچنین حیات وحش تأثیر بگذارد. بخش بوم‌شناختی این شاخص یعنی X_3، تأثیر بر نظام‌های آبی و خشکی را نشان می‌دهد. تأثیر محیط زیستی سموم بر نظام‌های آبی با ضرب امتیاز سمیّت شیمیایی برای موجودات آبی (F) در خطر اثرات نامطلوب طولانی‌مدت بر محیط آبی (L) تعیین می‌شود. تأثیر بر نظام‌های خشکی نیز شامل مجموع اثرات شیمیایی بر زنبورها (Z×P×3) و سایر موجودات آزمایشی خشکی (T×P×5) است. ازآن‌جاکه احتمال تماس موجودات خشکی با نظام‌های کشاورزی بیش‌تر از موجودات آبی است، با ضرب رتبه خطر زنبورها در عدد سه و رتبه خطر برای سایر موجودات خشکی در عدد پنج، وزن بیش‌تری به آن‌ها داده شده است (Gios et al., 2022).

شاخص EIQ مربوط به هر یک از سموم شیمیایی (با توجه به در دسترس بودن داده‌های معادله‌ها) ثابت بوده و طی تحقیقات و آزمایش‌ها در منابع مختلف به دست می‌آیند. برآورد حدود ۳۲۲ آفت‌کش با استفاده از مدل EIQ در تارنمای http://www.nysipm.cornell.edu/publication/eiq/files/EIQ_values04.pdf قابلدسترس می‌باشد (Ramezani, 2013). در این مطالعه، اعداد مربوط به اثر محیط زیستی آفت‌کش‌های مصرفی از آخرین نسخه به‌روزرسانی‌شده مربوط به این سایت در سال ۲۰۲۳ و همچنین منابع علمی (جدول ۳) استفاده شد (Niazmoradi et al., 2024). مقادیر ممکن برای این شاخص می‌تواند در محدوده ۲۲۶/۷– ۶/۷ برای تمامی آفت‌کش‌ها متغیر باشد. چون برای علف‌کش‌ها همیشه متغیر SY برابر عدد یک و P برابرعدد سه است، بنابراین بیشینه مقدار EIQ برای علف‌کش‌ها ۱۴۳/۳ می‌باشد (Kniss & Coburn, 2015; Niazmoradi et al., 2024).

لازم به ذکر است که به‌دلیل نبود مقادیر EIQ قارچ‌کش‌های آرتیا و اینوور در سایت Nysipm و سایر منابع علمی، و همچنین ترکیب بودن این قارچ‌کش‌ها از چندین ترکیب شیمیایی با نسبت‌های مشخص، محاسبه مقایر EIQ آن‌ها با استفاده از EIQ معین هرکدام از این ترکیبات و نسبت‌های آن‌ها در ترکیب قارچ‌کش‌های مذکور انجام شد.

اثر محیط زیستی بالقوه آفت‌کش‌ها در مزرعه (EIQ-FUR)

با توجه به اینکه خطر محیطی یک آفت‌کش تابعی از میزان سمیّت آن و مقداری است که در تماس با محیط، جاندار و یا انسان قرار می‌گیرد، بنابراین برای کمّی کردن اثرات محیطی سموم آفت‌کش در مزارع، پس از محاسبه شاخص ثأثیر محیط زیستی (اثر بالقوه)، براساس معادله ۶ میزان اثر محیطی هر آفت‌کش در واحد هکتار، با توجه به میزان مصرف و ماده مؤثره محاسبه و آفت‌کش‌های پرخطر برای سلامت انسان و محیط زیست شناسایی گردید (Moeinoddini et al., 2014). برای اندازه‌گیری میزان شاخص محیط زیستی یک سم در واحد سطح (هکتار) در یک مزرعه، از حاصل‌ضرب مقادیر EIQ در میزان ماده مؤثره هر آفت‌کش و مقدار مصرف آفت‌کش در مزرعه استفاده شد. در نهایت، مقادیر EIQ-FUR برای هر آفت‌کش به‌کاررفته در هر مزرعه، برای تعیین اثر زیست‌محیطی تولید هر محصول در مدیریت آفات جمع زده شدند (معادله ۶).

$$EIQ_{FUR} = EIQ \times \%\ activeingredient \times RA \quad \text{معادله (۶)}$$

که در آن، EIQ-FUR: اثر زیست‌محیطی در واحد هکتار، EIQ: شاخص تأثیر زیست‌محیطی آفت‌کش، RA: میزان مصرف آفت‌کش در واحد هکتار در مزرعه و activeingredient %: درصد ماده مؤثره آفت‌کش می‌باشد.

بررسی رابطه بین عملکرد و اثرات محیط زیستی مزارع

به‌منظور بررسی رابطه بین استفاده از سموم شیمیایی و اثر آن بر میزان عملکرد گیاهان گندم وجو، از معادله‌های رگرسیونی بین EIQ-FUR و عملکرد گیاهان استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مورد بررسی جهت یافتن این رابطه، با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

ترسیم نقشه‌های تأثیر محیط زیستی مزارع مورد بررسی

به‌منظور ترسیم نقشه اثر محیط زیستی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم و جو، ابتدا یک پایگاه اطلاعاتی شامل مختصات مکانی ثبت‌شده هر مزرعه و مقدار عددی شاخص در صفحه Excel نسخه ۲۰۱۳ ایجاد و سپس لایه‌های کاربری اراضی کشاورزی و مرز شهرستان در نرم‌افزار ArcGIS در محیط ArcMap نسخه ۱۰/۸ فراخوانی و شاخص اثر محیط زیستی آفت‌کش‌ها برای هر محصول با استفاده از روش شبکه‌بندی تیسن[1]، به‌صورت نقشه خروجی گرفته شد. طبقه‌بندی مقادیر مختلف EIQ-FUR در این مطالعه، براساس کلاس‌بندی سایت دانشگاه کورنل به‌صورت زیر (جدول ۴) انجام شد

1- Thiessen

(Kovach et al., 1992).

جدول ۳- اجزای شاخص محیط زیستی (EIQ) برای آفت‌کش‌های مصرفی در محصولات گندم و جو بخش فاضل‌آباد شهر علی‌آباد کتول، استان گلستان

Table 3- Components of Environmental Impact Quotient (EIQ) for pesticides used in wheat and barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan province

رده Class	نام تجاری Commerical name	نام عمومی Common name	اجزای شاخص تأثیر محیط زیستی Components of pesticide environmental impact quotient			EIQ value
			کارگر مزرعه Farm worker	مصرف کننده Consumer	بوم شناختی Ecological	
علف‌کش Herbicide	برومایسید ام آ Bromicide MA	بروکسینیل–ام سی پی آ Bromoxinil + MCPA	24.00	9.00	52.00	28.35
	آتلانتیس Atlantis	مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ مفن پایر Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefenpyre	8.00	8.00	67.00	27.67
	اتللو Othello	مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل سدیم + دیفلوفنیکان + مفن پایر دی اتیل Iodosulfuron Methyl Sodium + Mesosulfuron Methyl + Mefenpyr Diethyl 1.2 % OD	2.91	3.06	13.56	6.50
	یو ۴۶ دی U 46 D	توفوردی 2, 4-D	8.00	8.00	40.00	18.67
	گرانستار Granstar	تری بنورون متیل Tribenuron-Methyl	12.00	3.00	30.00	15.00
	پوماسوپر Puma Super	فنوکساپروپ پی اتیل + مفن پایر دی اتیل Fenoxaprop P Ethyl + Mefenpyer Diethyl	12.00	4.00	115.00	43.67
	بازاگران Basagran	بنتازون Bentazon	16.00	9.00	31.00	18.67
حشره‌کش Insecticide	بازودین Basudin	دیازینون Diazinon	6.90	2.45	120.85	43.40
	دورسبان Dursban	کلرپیریفوس Chlorpyrifos	18.00	4.00	108.55	43.50
	دسیس Decis	دلتامترین Deltamethrin	6.00	3.00	68.15	25.70
	سایپرمترین Cypermethrin	سایپرمترین Cypermethrin	9.00	4.00	69.00	27.30
	موسپیلان Mospilan	استامی پراید Acetamiprid	6.90	9.35	64.40	26.90
	مالاتیون Malathion	مالاتیون Malathion	9.00	4.50	58.00	23.83
قارچ‌کش Fungicide	فولیکور Folicur	تبوکونازول ۲۵٪ Tebuconazole 25%	20.00	31.00	70.00	40.30
	آلتوکمبی Altocombi	سایپرکونازو ل+ کاربندازیم Cyproconazole + Carbendazim	20.12	29.44	89.64	46.40
	تیلت Tilt	پروپیکونازول Propiconazole	8.10	15.15	59.28	27.51
	ویتاواکس تیرام Vitavax thiram	کربوکسین تیرام Carboxin Tiram	9.25	4.25	25.83	13.12
	راکسیل Raxil	تبوکونازول ۲٪ Tebuconazole 2%	20.00	31.00	70.00	3.22

آرتیا Artea	پروپیکونازول Propiconazole	12.00	12.23	63.90	31.63	33.14
	سایپروکونازول Cyproconazole	20.25	25.88	67.95	38.03	
اینوور Inovor	پروپیکونازول Propiconazole	12.00	12.23	63.90	31.63	28.00
	پیراکلواستروبین Pyraclostrobin	8.10	4.05	68.87	27.01	
	فلوکساپیروکساد Fluxapyroxad	6.00	10.00	32.00	16.00	

جدول ٤-طبقه‌بندی کیفی مقادیر اثرات محیط زیستی آفت‌کش‌ها

Table 4- Qualitative classification of environmental effects of pesticides

رتبه‌بندی کیفی Quality rating	EIQ-FUR values
خیلی کم Very low	25 >
کم Low	۵۰ -۲۵
متوسط Middle	50–100
زیاد High	100–150
خیلی زیاد Very high	<150

نتایج و بحث

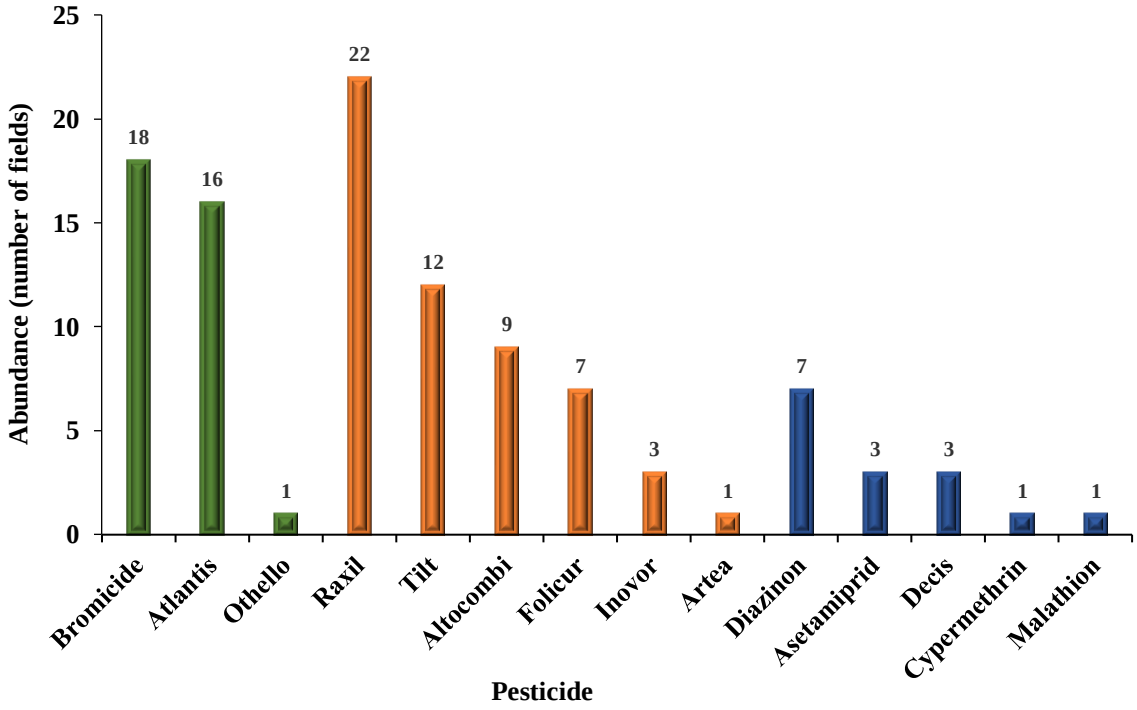
مستندسازی گندم

از ۲۲ مزرعه گندم مورد بررسی در منطقه، ۲۲/۷۳ درصد به‌صورت دیم و ۷۷/۲۷ درصد آبی بودند. تناوب‌های زراعی در این مزارع شامل گندم – آیش (نُه مزرعه)، گندم – برنج (شش مزرعه)، گندم – سویا (سه مزرعه) و سویا – آیش، باقلا – برنج، گندم – کنجد و کلزا – برنج بود. همچنین مساحت این مزارع ۵ – ۱ هکتار و عملکرد آن‌ها از ۲ تا ۶/۸ تن در هکتار متغیر بود.

به‌دلیل وفور بارش در سال زراعی مورد مطالعه، مزارع منطقه مورد هجوم علف‌های هرز و بیماری‌های قارچی واقع شده که این امر سبب افزایش مصرف قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها گردید، به¬طوری‌که در ۸۱/۸۱ درصد (۱۸ مزرعه) از علف‌کش برومایسید به‌میزان ۰/۵ –۱ لیتر در هکتار و ۷۲/۷۳ درصد (۱۶ مزرعه) از علف‌کش دومنظوره آتلانتیس به‌میزان ۱/۵–۱ لیتر در هکتار، جهت مهار علف‌های هرز پهن‌برگ از قبیل خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، ترشک شبدری (*Oxalis acetosella*)، گندمک (*Stellaria media*) و سیزاب (*Veronica persica*) و علف‌های باریک‌برگ هم‌چون یولاف وحشی (*Avena* spp.)، فالاریس (*Phalaris* spp.) و جودره (*Hordeumspontaneum*) استفاده شده است (شکل ۲).

در میان آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم، بیش‌ترین تنوع سموم مربوط به گروه قارچ‌کش‌ها بوده، . در تمامی مزارع گندم (۲۲ مزرعه)، بذرهای گواهی‌شده و بذرمال‌شده با قارچ‌کش راکسیل (سم پیش‌کاشت) کشت شده است. فراهم شدن شرایط مستعد برای افزایش بیماری‌های قارچی از قبیل فوزاریوم خوشه (*Fusarium* spp.)، سفیدک (*Erysiphe* spp.)، زنگ زرد (*Pucciniastriiformis*)، زنگ قهوه‌ای (*Puccinia recondita*) و در برخی مناطق سیاهک‌های آشکار (*Ustilago tritici*) و پنهان (*Tilletia tritici*) و بیماری پاخوره (*Gaeumannomyces graminis var. graminis*)، منجر به افزایش مصرف قارچ‌کش‌ها در این مزارع شده است. قارچ‌کش‌هایی از قبیل تیلت، آلتوکمبی، فولیکور، اینوور و آرتیا به‌طور مجزا و یا به‌طور همزمان، به‌ترتیب در ۵۴/۵۴، ۴۰/۹۱، ۳۱/۸۲، ۱۳/۶۳ و ۴/۵۴ درصد از مزارع استفاده گردید (شکل

۲). شته‌ها، سوسک سیاه گندم (زابروس) (*Carabidae Coleoptera*) و سوسک برگ‌خوار لما (*Oulema melanopus*)، از حشرات آفت مزارع گندم منطقه بودند که جهت مهار آن‌ها از سموم دیازینون در هفت مزرعه به‌میزان ۰/۵ لیتر در هکتار، استامی‌پراید در سه مزرعه به‌میزان ۰/۵ لیتر در هکتار، دسیس در سه مزرعه به‌میزان یک لیتر در هکتار، سایپرمترین و مالاتیون نیز در یک مزرعه و به‌میزان ۰/۵ لیتر و یک لیتر در هکتار به کار برده شدند (شکل ۲).

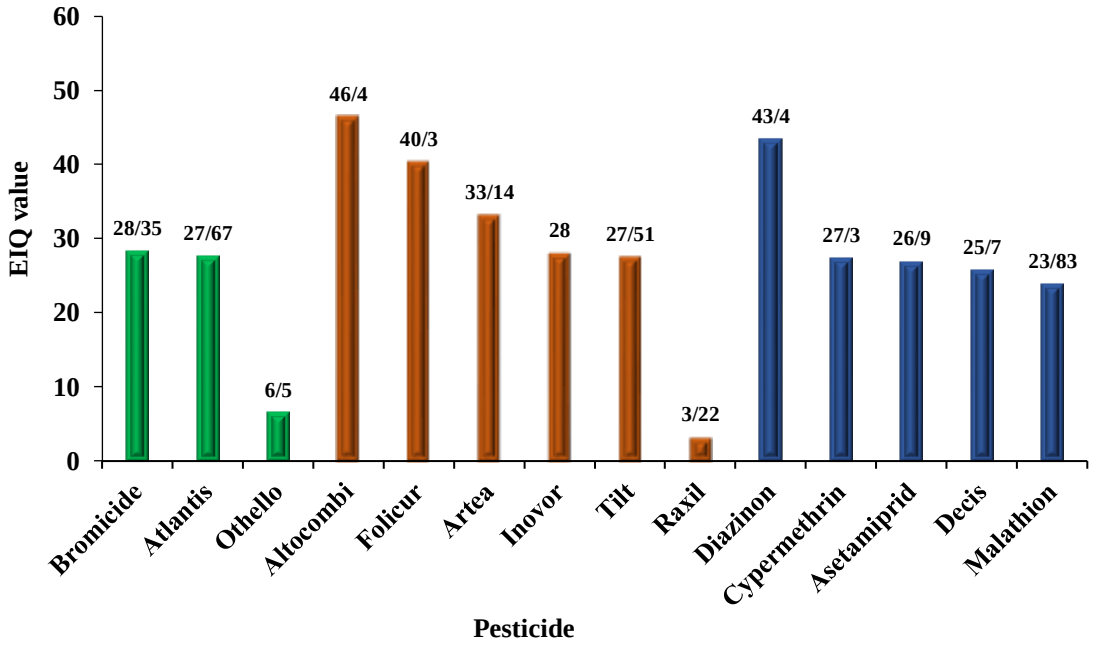


شکل ۲- توزیع فراوانی کاربرد آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 2- Distribution of the abundance of pesticides used in wheat fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

شاخص EIQ سموم مصرفی در مزارع گندم

بررسی مقدار اثر زیست‌محیطی انواع آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم منطقه نشان داد که قارچ‌کش آلتوکمبی با EIQ برابر ۴۶/۴، بالاترین رتبه آسیب محیط زیستی را در میان آفت‌کش‌ها دارد. حشره‌کش دیازینون و قارچ‌کش فولیکور به‌ترتیب با مقادیر EIQ معادل ۴۳/۴ و ۴۰/۳ در رتبه‌های دوم و سوم آفت‌کش‌های خطرناک قرار گرفتند (شکل ۳). بررسی و مقایسه سه گروه آفت‌کشی نشان داد که دو علف‌کش پرمصرف در مزارع گندم منطقه دارای مقدار EIQ۲۷–۲۸ بوده و علف‌کش اتللو کم‌ترین میزان EIQ را در بین سه علف‌کش نشان داد. قارچ‌کش‌های آلتوکمبی، فولیکور و آرتیا دارای بیش‌ترین و سم راکسیل دارای کم‌ترین آسیب در میان قارچ‌کش‌ها می‌باشند. در میان حشره‌کش‌های مصرفی نیز سم دیازینون بالاترین EIQ و سموم سایپرمترین، استامی‌پراید، دسیس و مالاتیون مقادیر EIQ در محدوده ۲۳ تا ۲۷ داشتند (شکل ۳).

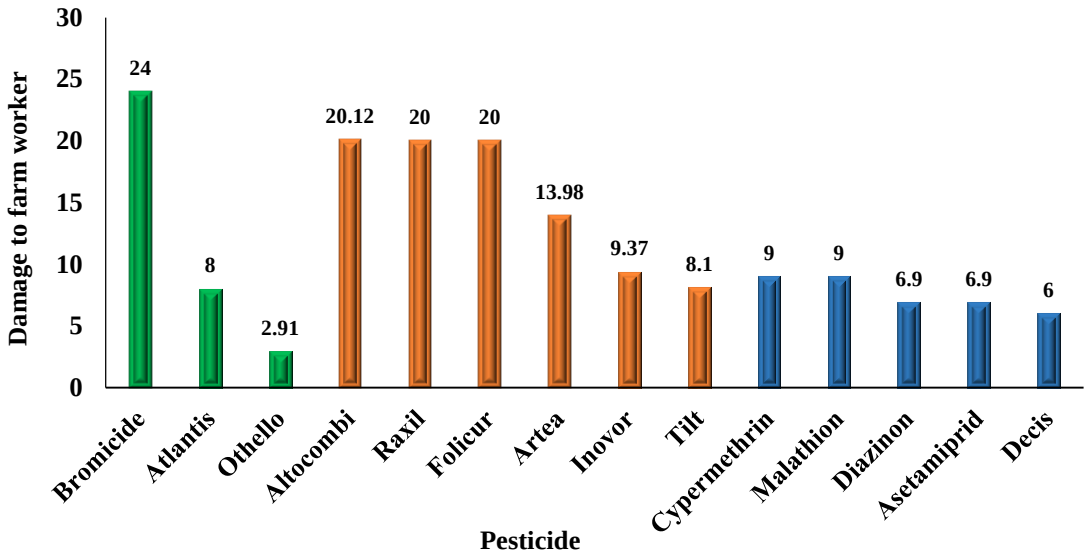


شکل ۳- مقادیر EIQ آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 3- EIQ value of pesticides used in wheat fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

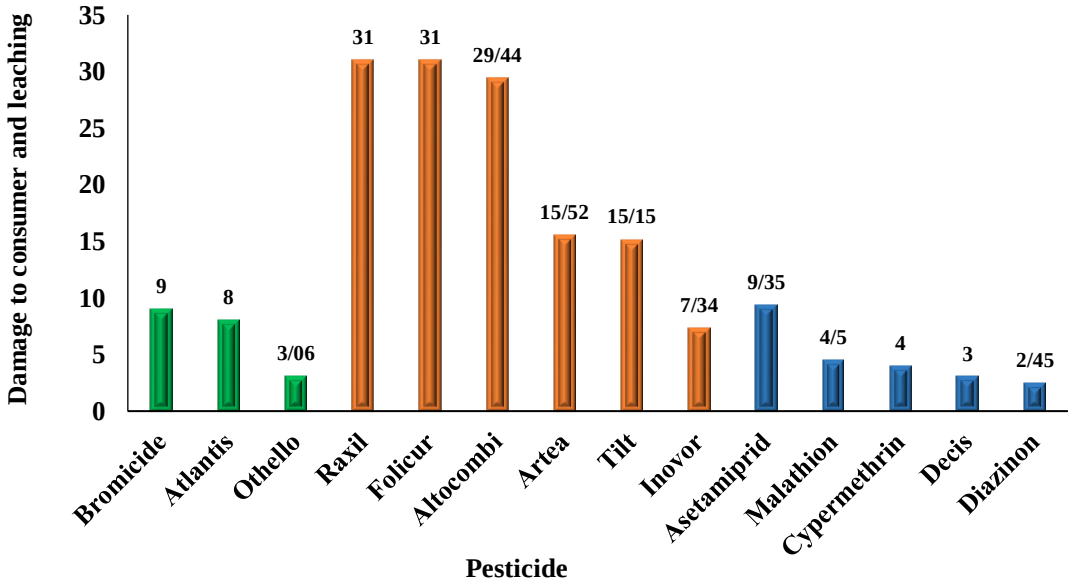
بررسی اجزای EIQ آفت‌کش‌های مصرفی و آسیب بر بخش کارگران مزرعه نشان داد که علف‌کش بروموایسید و اتللو به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین آسیب را بر کارگر مزرعه داشتند. همچنین قارچ-کش‌های آلتوکمبی، راکسیل و فولیکور میزان آسیب مشابهی بر کارگر مزرعه نشان دادند. در مجموع میان سه گروه آفت‌کشی، حشره‌کش-های مصرف‌شده در مزارع گندم، آسیب کم‌تری بر بخش کارگران مزرعه نسبت به قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها داشتند (شکل ۴). بیش-ترین آسیب آفت‌کش‌ها بر مصرف‌کنندگان و آب‌شویی مربوط به سموم قارچ‌کش می‌باشد. در این گروه، سموم راکسیل و فولیکور (EIQ معادل ۳۱) و سپس آلتوکمبی (EIQ برابر با ۲۹/۴۴) خطرناک-ترین آفت‌کش بر بخش مصرف‌کنندگان و آب‌شویی شناخته شدند. حشره‌کش دیازینون در میان آفت‌کش‌های مصرفی مزارع گندم، دارای کم‌ترین آسیب بر جزء مصرف‌کنندگان و آب‌شویی بوده و حشره‌کش دسیس و علف‌کش اتللو در رتبه‌های بعدی آسیب کم‌تر جای گرفتند (شکل ۴).

در مقابل، با بررسی شکل ۴ و اثرات منفی آفت‌کش‌ها بر بخش بوم‌شناختی مشخص گردید که حشره‌کش دیازینون با مقدار آسیب برابر با ۱۲۰/۸۵ بیش‌ترین میزان اثر منفی را بر موجودات خشکی‌زی و آبزی دارد. قارچ‌کش‌های آلتوکمبی (۸۹/۶۴)، راکسیل (۷۰) و فولیکور (۷۰) در رتبه‌های بعدی سموم خطرناک بر بخش بوم‌شناختی معرفی شدند. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار نهایی EIQ هر یک از سموم، بیش‌ترین تأثیر را از آسیب بر بخش بوم‌شناختی داشته و این بخش در تعیین عدد نهایی EIQ بسیار مهم می‌باشد. به عبارتی، سموم مصرفی در مزارع گندم منطقه، بیش‌ترین آسیب خود را بر اجزای بوم‌شناختی محیط زیست وارد می‌کند. در میان مقادیر بالای آسیب بر بخش بوم‌شناختی سموم مصرفی، علف‌کش اتللو با میزان ۱۳/۵۶ کم‌ترین تأثیر منفی را بر محیط زیست نشان داد (شکل ۴). در همین راستا، حسینی (Hoseini, 2018) در ارزیابی اثرات محیط زیستی آفت‌کش‌ها گزارش کردند که حشره‌کش‌های دیازینون، پروفنوفوس، کلرپیریفوس، تیودیکارب، ایمیداکلوپراید، پروپارژیت و دیمیتوات و قارچ‌کش‌های کاربندازیم، پروپیکونازول و تبوکونازول جزو پرمخاطره‌ترین آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم، کلزا، پنبه و سویا در شهرستان‌های گرگان و علی آبادکتول بودند.



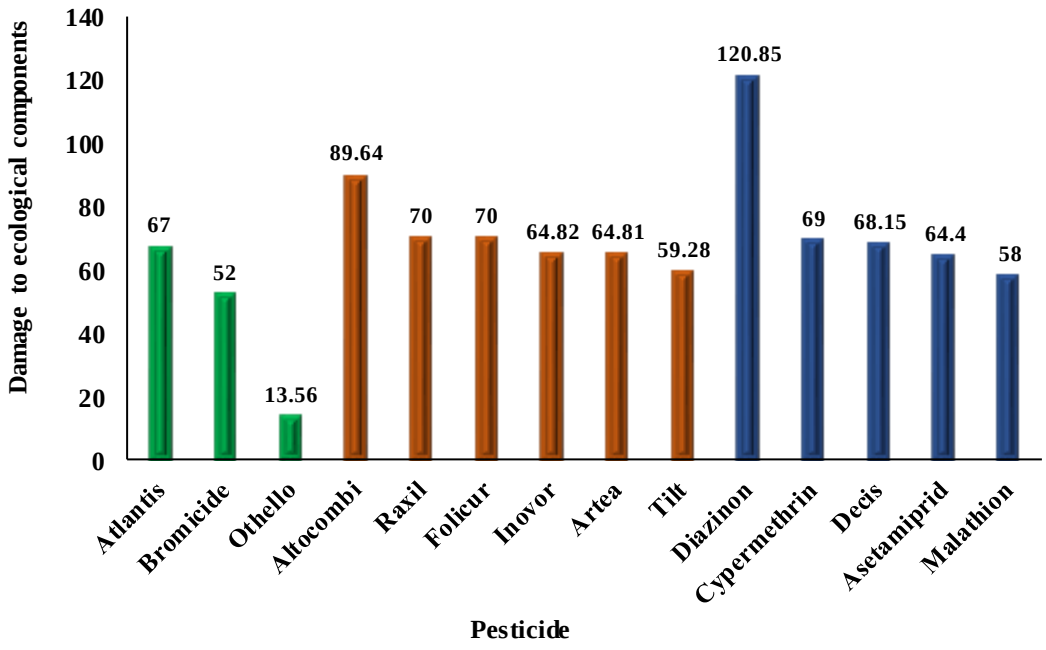
شکل ٤- میزان آسیب به کارگران مزرعه در آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 4- Damage to farm worker of pesticides used in wheat fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province



شکل ٥- میزان آسیب به مصرف‌کنندگان و آب‌شویی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

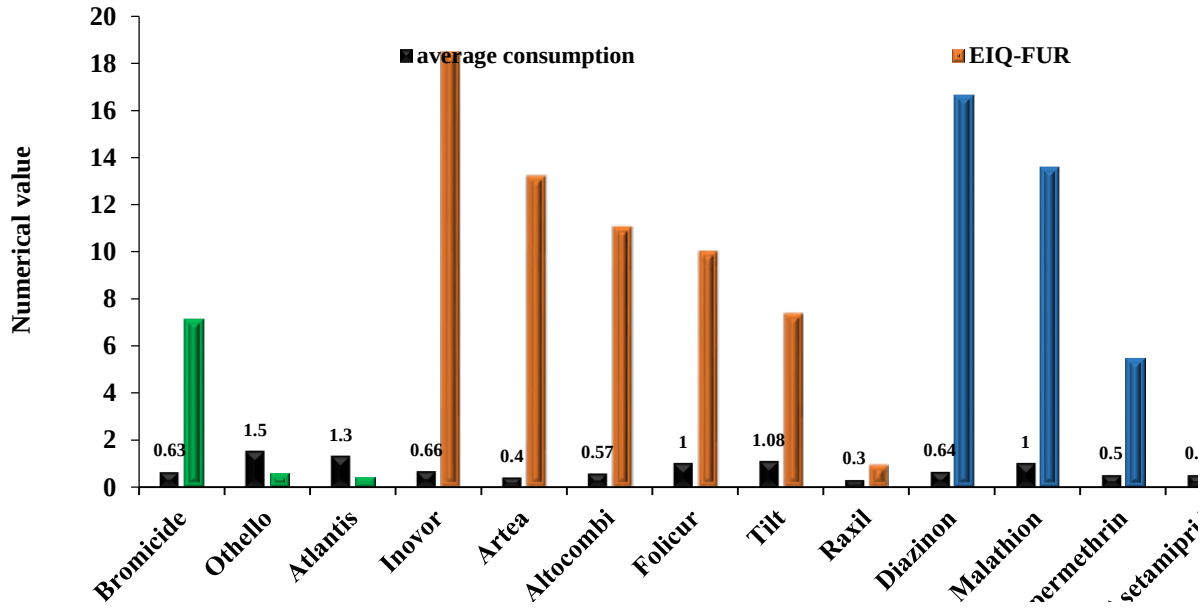
Fig. 5- Damage to consumer and leaching of pesticides used in wheat fields of Fazel Abad district of Ali Abad Katool township, Golestan Province



شکل ٦- میزان آسیب به اجزای بوم‌شناختی در آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان
Fig. 6- Damage to ecological components of pesticides used in wheat fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

شاخص EIQ-FUR در مزارع گندم

در بررسی رابطه مقادیر مصرف سموم آفت‌کش و میزان اثر محیط زیستی ایجادشده توسط آن‌ها در واحد هکتار مزارع گندم مطابق شکل ۷، سم بروماسید بالاترین میزان EIQ-FUR را در میان گروه علف‌کش‌ها داشت. این علف‌کش با اینکه میزان مصرف کم‌تری (۰/۶۳ لیتر در هکتار) نسبت به دو ترکیب سمی آتلانتیس و اتللو داشت، امّا میزان اثر زیست‌محیطی بالاتری در واحد هکتار (۷/۱۴) نشان داد. در گروه قارچ‌کش‌ها، اینوور با میزان مصرف ۰/۶۶ لیتر در هکتار بالاترین میزان EIQ-FUR (۱۸/۴۸) را در میان قارچ‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها داشت و سموم آرتیا، آلتوکمبی و فولیکور در رتبه‌های بعدی سمیت قرار گرفتند. حشره‌کش دیازینون با متوسط میزان مصرف ۰/۶۴ لیتر در هکتار و EIQ-FUR برابر با ۱۶/۶۶، در رتبه دوم سمیت در میان آفت‌کش‌های مصرفی و رتبه اول اثر منفی زیست‌محیطی در گروه حشره‌کش‌ها در مزارع گندم منطقه معرفی شد. به‌طور کلی، آفت‌کش‌های اینوور، دیازینون، آرتیا و آلتوکمبی با وجود مصرف مقادیر پایین‌تر در واحد هکتار، میزان EIQ-FUR بالایی را نشان دادند، این موضوع سمیت بالای این آفت‌کش‌ها را مشخص و خاطر نشان می‌کند. در مقابل، آفت‌کش‌هایی از جمله آتلانتیس، اتللو و دسیس با وجود مصرف مقادیر ۱-۱/۵ لیتر در هکتار، مقدار آسیب محیط زیستی کم‌تری را نشان دادند، به¬طوری‌که در میان آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم منطقه، علف‌کش آتلانتیس با ۰/۴۳ کم‌ترین سمیت را در واحد هکتار نشان داد (شکل ۷). براساس نتایج این مطالعه، بهتر است در مصرف سموم شیمیایی جهت مهار آفات و بیماری‌ها، از سمومی با سمیت پایین‌تر و کارآیی بالاتر استفاده گردد. بنابراین در گروه علف‌کشی، بهتر است از سم دو منظوره آتلانتیس و اتللو استفاده گردد. قارچ‌کش‌های مورد استفاده در منطقه به‌غیر از راکسیل، مقدار EIQ-FUR بالایی دارند، توصیه می‌شود که قبل از مصرف سموم، میزان سمیت آن‌ها ارزیابی شده و سمومی با کارآیی بالاتر و اثر محیط زیستی کم‌تر در زراعت گنجانده شوند.



شکل ۷- متوسط میزان مصرف آفت‌کش‌ها و مقادیر EIQ-FUR در واحد هکتار مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 7- The average consumption of pesticides and EIQ-FUR values per hectare of wheat fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

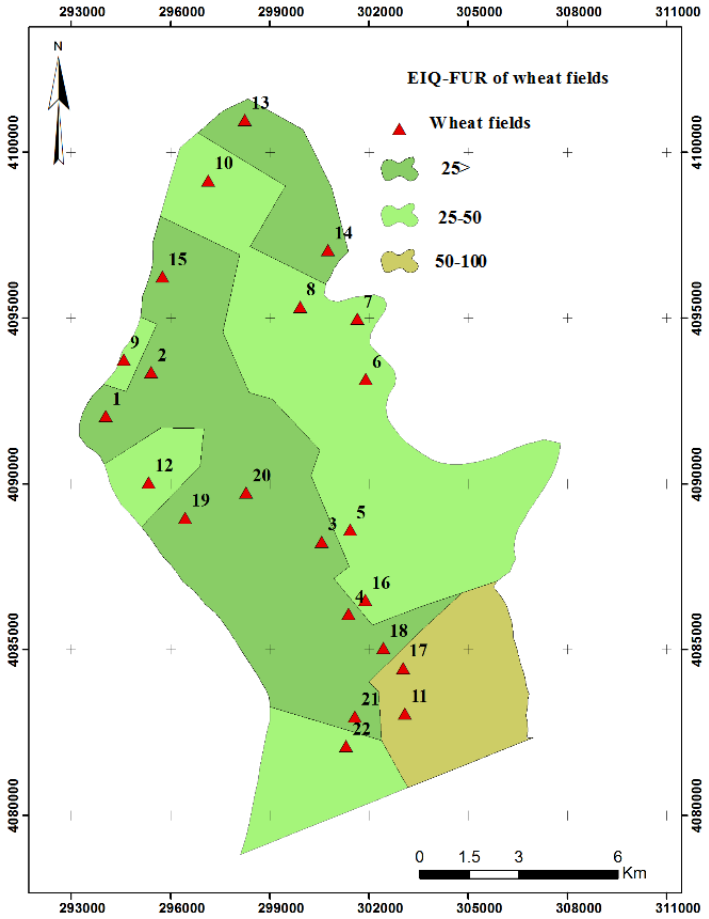
نقشه شاخص EIQ-FUR در مزارع گندم

پس از محاسبه مقادیر EIQ-FUR مزارع کلزا در منطقه، براساس الگوی پیشنهادی (Kovach et al., 1992) ، طبقه‌بندی انجام و نقشه آن در سطح منطقه تهیه شد (شکل ۸). مطابق این شکل، ۱۱ مزرعه یا ۵۰ درصد از مزارع کلزا در کلاس EIQ-FUR کمتر از ۲۵ قرار گرفتند. این طبقه در قسمت‌های شمالی و غربی منطقه نمونه‌برداری به‌سمت بخش‌های جنوبی ادامه دارد. مدیریت سموم شیمیایی کشاورزان در این مزارع، استفاده از سموم کم‌خطر، مقادیر مصرف پایین‌تر سموم و تنوع یا تعداد کم سموم مصرفی بوده است. همچنین ۴۰/۹ درصد از مزارع (نُه مزرعه) گندم به‌دلیل استفاده از سمومی با سمیت متوسط، استفاده از سموم در دفعات و مقادیر بیش‌تر و کاربرد دوزهای پایین سموم خطرناک، در طبقه ۵۰–۲۵ یا خطر محیط زیستی کم قرار گرفتند. استفاده از سمومی همچون بروماسید، آرتیا، آلتوکمبی و فولیکور در مزارع این طبقه، منجر به افزایش EIQ-FUR این طبقه نسبت به طبقه ۲۵ شده است. دو مزرعه ۱۱ و ۱۷ در بخش جنوبی منطقه نمونه‌برداری، در طبقه خطر زیست‌محیطی متوسط (۵۰–۱۰۰) قرار گرفتند. کشاورزان این مزارع در مدیریت خود از سموم پرخطر از جمله اینوور و دیازینون و تنوع بالای سموم استفاده کرده‌اند (شکل ۸). نیازمرادی و همکاران (Niazmoradi et al., 2024) در بررسی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم شهرستان بندرترکمن (استان گلستان) نشان دادند که تنها تعداد پنج مزرعه آبی گندم، EIQ-FUR بالاتر از ۲۵ داشته و به‌عنوان بوم‌نظام‌هایی با اثر زیست‌محیطی متوسط شناخته شدند. در مطالعه دیگری مشخص شد که ۱۹ درصد از مزارع برنج دارای EIQ-FUR کم‌تر از ۲۵ و خطر محیط زیستی خیلی کم، ۵۰ درصد در طبقه EIQ-FUR ۵۰–۲۵ یا کم آسیب و بقیه در گروهای متوسط و پرخطر قرار گرفتند، در این مطالعه از هشت آفت‌کش مصرفی، چهار آفت‌کش در گروه آفت‌کش‌های خطرناک معرفی‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی قرار داشتند (Kumar Kanojia & Sreekesh, 2020).

مقایسه شاخص EIQ-FUR و عملکرد گندم

شکل ۹، پراکندگی نقاط متغیر مستقل (EIQ-FUR) و متغیر وابسته (عملکرد گندم) را نشان می‌دهد. پایین بودن مقدار ضریب تعیین (R^2=۰/۰۸) در این رابطه، عدم تناسب رابطه خطی و مستقیم بین این دو متغیر و همبستگی ضعیف آن‌ها را نشان می‌دهد. به این معنی که افزایش مصرف سموم و استفاده از ترکیبات شیمیایی متنوع در مزرعه، به‌طور مستقیم با میزان عملکرد دانه رابطه نداشته و سموم

کارآیی خود را در حد بالایی نشان نمی‌دهند.



شکل ۸- طبقه‌بندی اثر زیست‌محیطی (EIQ-FUR) مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

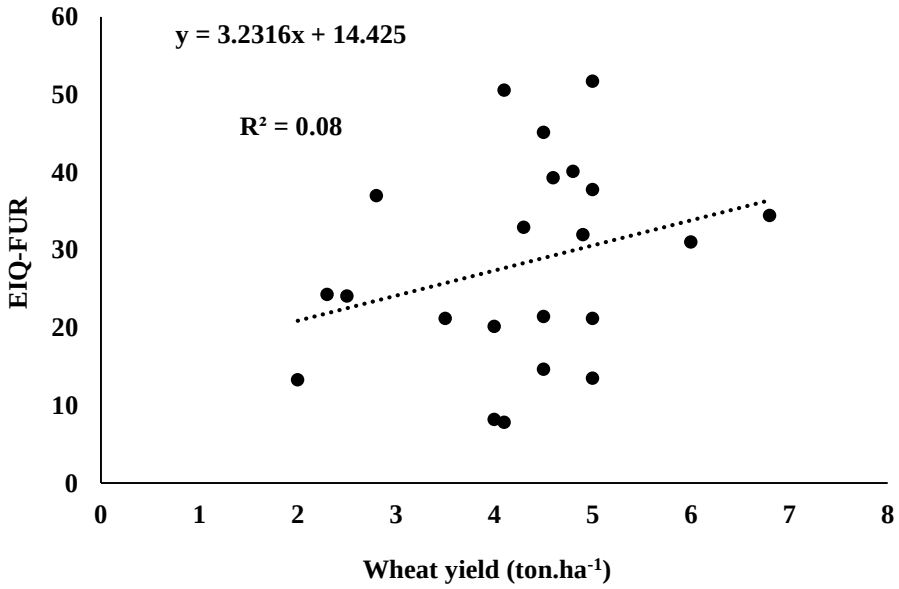
Fig. 8- Classification of environmental impact (EIQ-FUR) of wheat fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

این نتایج می‌تواند بیانگر این حقیقت باشد که رسیدن به عملکرد مورد انتظار مزارع، نیازمند بررسی مدیریت‌های دیگر دخیل در تولید می‌باشد. نتیجه این تحقیق با نتایج مطالعه اثر محیط زیستی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم شهرستان بندرترکمن مطابقت داشت که عدم ارتباط مستقیم اثر محیط زیستی آفت‌کش‌ها و عملکرد گندم را نشان می‌دهد. بنابراین با مدیریت مناسب مزرعه نه لزوماً مصرف آفت‌کش‌ها، می‌توان عملکرد اقتصادی مزارع را بهبود بخشد (Niazmoradi et al., 2024).

مستندسازی جو

در این مطالعه، تمامی مزارع جو به‌صورت دیم کشت شده بودند. تناوب‌های زراعی در این مزارع شامل گندم – برنج (سه مزرعه)، گندم –آیش (سه مزرعه)، کلزا – برنج (دو مزرعه)، جو – برنج (دو مزرعه)، گندم – توتون (یک مزرعه)، آیش (یک مزرعه) بود. همچنین این مزارع ۱/۵ تا ۵ هکتار مساحت داشتند. مطابق شکل ۹، تنها ۱۰ نوع آفت‌کش در مزارع جو منطقه مورد بررسی، مصرف شده است. آفت‌کش مصرفی در ۵۰ درصد مزارع جو مورد بررسی، از گروه علف‌کش‌ها بوده است. در این میان، ۳۳/۳۳ درصد از مزارع (چهار مزرعه) از علف‌کش برومایسید به‌میزان ۱–۰/۵ لیتر در هکتار، ۲۵ درصد (سه مزرعه) از علف‌کش پوماسوپر (فنوکساپروپ پی‌اتیل) به‌میزان ۱–۰/۸ لیتر در هکتار، ۸/۳۳ درصد (یک مزرعه) از علف‌کش گرانستار (تری‌بنورون متیل) به‌میزان ۲۰–۱۵ گرم در هکتار، ۸/۳۳

درصد از علف‌کش توفوردی به‌میزان یک لیتر در هکتار و ۸/۳۳ درصد نیز از علف‌کش بازاگران (بنتازون) به‌میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده کردند. همچنین ۴۰ درصد از آفت‌کش‌های مصرفی به گروه قارچ‌کش‌ها تعلق گرفت. در این گروه، قارچ‌کش بذرمال کربوکسین-تیرام در ۶۶/۹۱ درصد از مزارع (۱۱ مزرعه)، ۵۰ درصد (شش مزرعه) از قارچ‌کش تیلت به‌میزان یک لیتر در هکتار، ۶۶/۱۶ درصد (دو مزرعه) از قارچ‌کش آلتوکمبی به‌میزان ۰/۵ لیتر در هکتار و سم راکسیل در ۳۳/۸ درصد از مزارع به کاربرده شده است. با توجه به اینکه تنها یک نوع حشره‌کش در مزارع مورد بررسی استفاده شده است، می‌توان عنوان کرد که کشاورزان جوکار منطقه نسبت به مزارع گندم، در مزارع خود با آفات کمتری روبه‌رو بودند. در مجموع، ۱۲ مزرعه جو، یک کشاورز از حشره‌کش دورسبان به‌میزان ۱ تا ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده کرده است.



شکل ۹- رابطه EIQ-FUR با میزان عملکرد گندم (تن در هکتار) در مزارع گندم بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان
Fig. 9- The relationship between EIQ-FUR and wheat yield in wheat fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

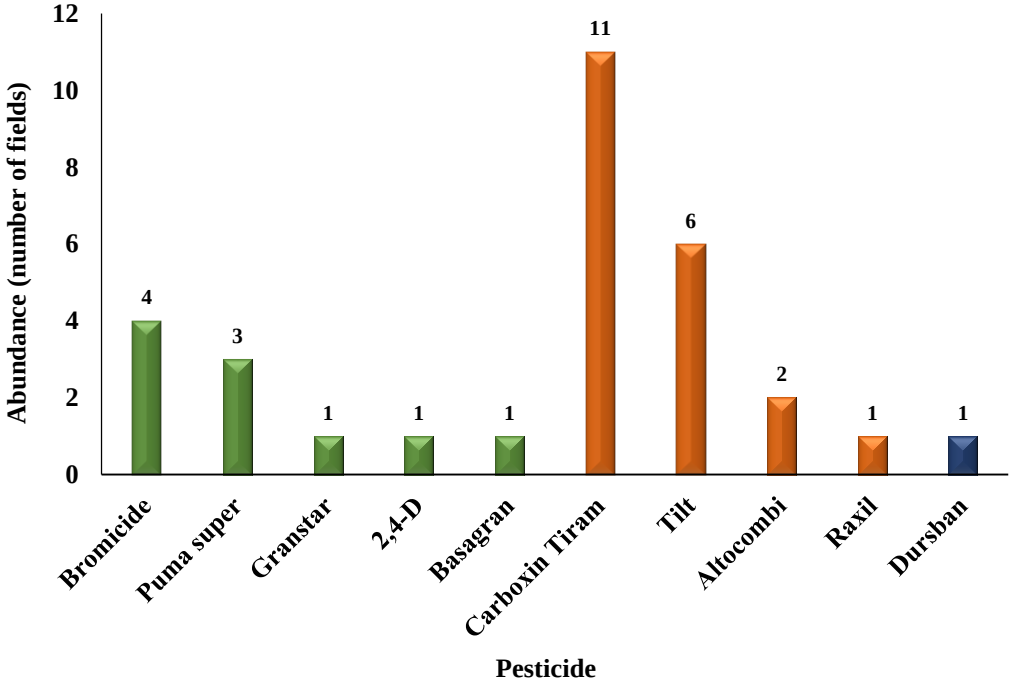
شاخص EIQ سموم مصرفی در مزارع جو

بررسی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو در منطقه در شکل ۱۰ نشان داد که قارچ‌کش آلتوکمبی با EIQ برابر با ۴۶/۴ و حشره‌کش دورسبان با EIQ معادل ۴۳/۵ به‌ترتیب بیش-ترین میزان سمیت را نشان دادند. در مقابل، کم‌ترین خطر زیست-محیطی به قارچ‌کش راکسیل با EIQ برابر با ۳/۲۲ تعلق گرفت. مطابق این شکل، میزان خطر و سمیت علف‌کش بروموایسید (۲۸/۳۵) و قارچ‌کش تیلت (۲۷/۵۱) در رتبه سوم و چهارم قرار گرفتند.

بررسی میزان خطر آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو منطقه در شکل ۱۱ نشان داد که علف‌کش بروموایسید، بیش‌ترین آسیب به کارگران مزرعه را باعث شده است. قارچ‌کش‌های آلتوکمبی و راکسیل نیز در رتبه‌های بعدی سمیت بر جزء کارگران مزرعه بودند. در مقابل، علف‌کش توفوردی و قارچ‌کش تیلت کم‌ترین میزان آسیب به کارگران مزرعه را نشان دادند. شکل ۱۲، میزان آسیب به مصرف‌کنندگان و خطر آب‌شویی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو را نشان می‌دهد.

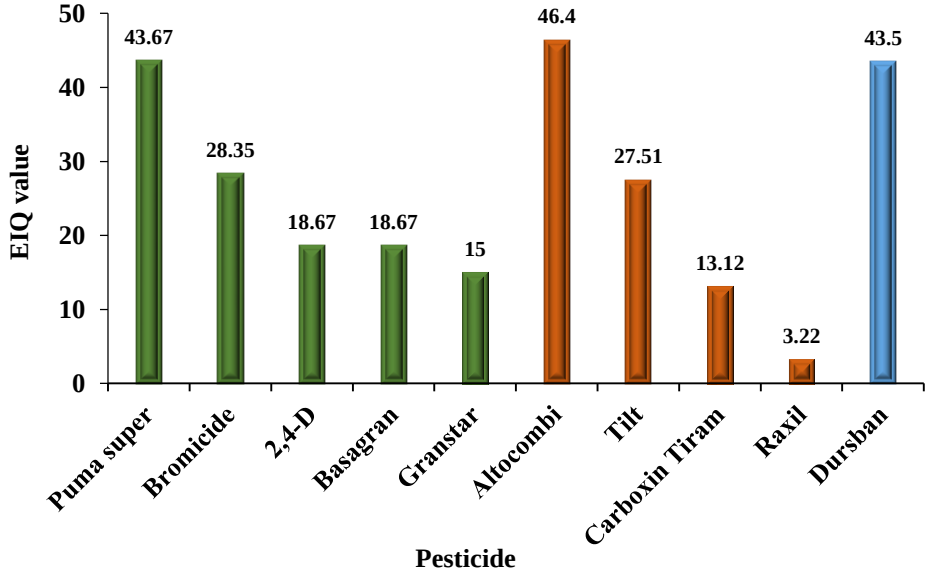
مطابق این شکل، گروه آفت‌کشی قارچ‌کش‌ها میزان خطر بیش-تری را در میان دو گروه دیگر نشان داد. در این میان، راکسیل در رتبه اول سمیت و پس از آن، آلتوکمبی در رتبه بعدی خطر قرار گرفت. همچنین استفاده از علف‌کش گرانستار در مزارع جو کم‌ترین میزان خطر را برای مصرف‌کنندگان و آب‌شویی شدن نشان داد. بررسی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی بر اجزای بوم-شناختی در مزارع جو منطقه مورد بررسی، در شکل ۱۳ نشان داده شده است. مقایسه گروه‌های آفت‌کشی، علف‌کش باریک‌برگ‌کش پوماسوپر را به‌عنوان خطرناک‌ترین آفت‌کش بر این جزء شاخص EIQ

معرفی کرد. همچنین حشره‌کش دورسبان و قارچ‌کش‌های آلتـوکمبی، راکسیل و تیلت در رتبه‌های بعـدی سـمیت بـر اجـزای بـوم‌شـناختی شناخته شدند.



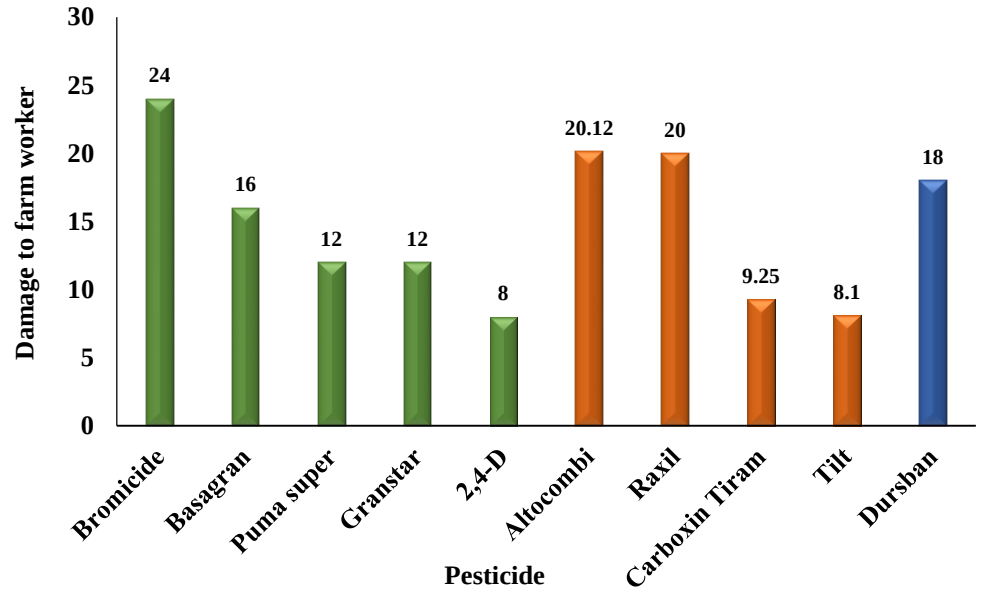
شکل ۱۰- توزیع فراوانی کاربرد آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 10- Distribution of the abundance of pesticides used in barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province



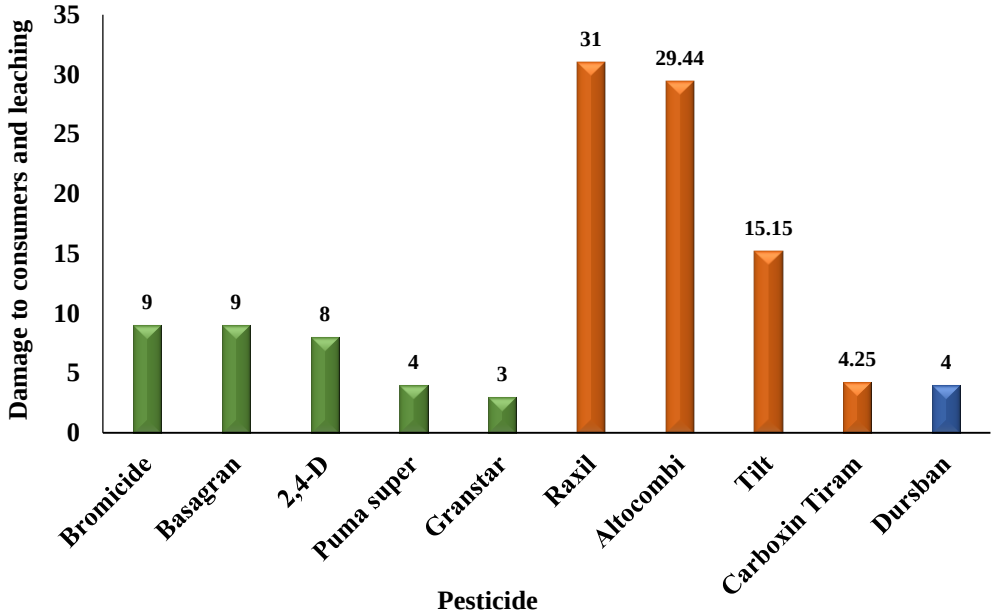
شکل ۱۱- مقادیر EIQ آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 11- EIQ value of pesticides used in barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan province



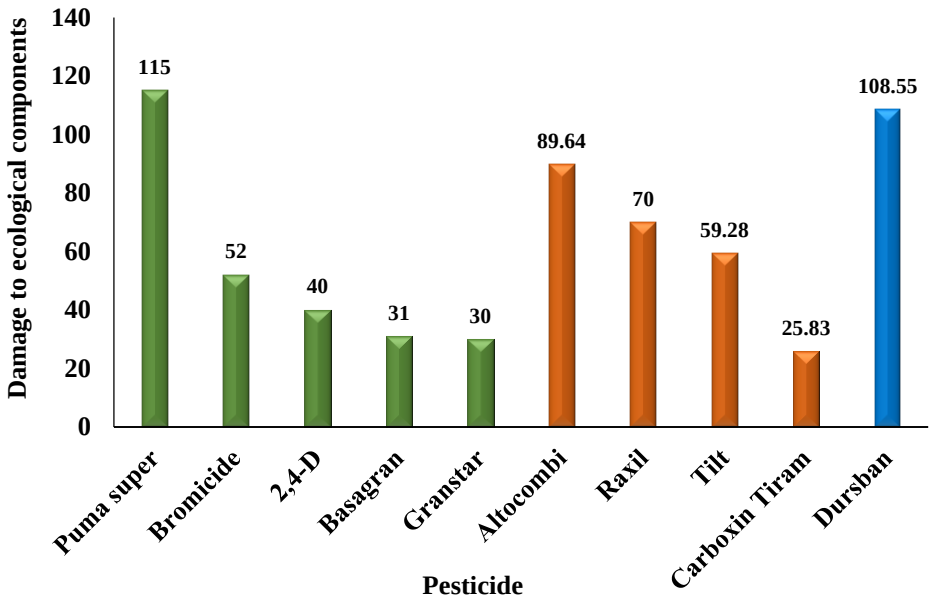
شکل ۱۲- میزان آسیب به کارگران مزرعه آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 12- Damage to farm worker of pesticides used in barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province



شکل ۱۳- میزان آسیب به مصرف‌کنندگان و آب‌شویی آفت‌کش‌های مصرفی مزارع جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 13- Damage to consumer and leaching of pesticides used in barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province



شکل ١٤- میزان آسیب به اجزای بوم‌شناختی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان
Fig. 14-Damage to ecological components of pesticides used in barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

قارچ‌کش بذرمال کربوکسین‌تیرام، کم‌ترین خطر را در بررسی این جزء نشان داد. در مطالعه اثر آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو مشهد، قارچ‌کش کاربندازیم بیش‌ترین و حشره‌کش دیازینون کم‌ترین آسیب را به جزء کارگر مزرعه، همچنین قارچ‌کش کاربندازیم بیش‌ترین و حشره‌کش دلتامترین کم‌ترین خطر بر مصرف‌کننده و آب‌شویی، دیازینون و گرانستار (تری‌بنورون‌متیل) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سمیت بر جزء بوم‌شناختی را داشتند (Maleki et al., 2015).

شاخص EIQ-FUR در مزارع جو

مقایسه و بررسی رابطه بین میانگین مصرف و میزان آسیب زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع جو منطقه مطالعاتی نشان داد که حشره‌کش کلرپیریفوسبه بامصرف یک لیتر در هکتار، بیش‌ترین میزان آسیب به محیط زیست را در واحد یک هکتار از مزرعه باعث شدند. علف‌کش بروموکسید به‌طور میانگین ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده شده و پس از حشره‌کش دورسبان، در رتبه دوم آفت‌کش خطرناک در مزارع جو منطقه معرفی شد. علف‌کش‌های توفوردی و بازاگران با مقدار مصرف یک لیتر، میزان آسیب مشابهی بر محیط زیست تحمیل کرده و در رتبه سوم سمیت بالا قرار گرفتند. در گروه قارچ‌کش‌ها نیز آلتوکمبی با وجود مصرف ۰/۵ لیتردر هکتار توانست مقدار آسیب بالاتری از قارچ‌کش تیلت ایجاد کند و سمیت بالاتر آن را نشان می‌دهد. آفت‌کش‌های راکسیل، کربوکسین‌تیرام و گرانستار به‌ترتیب کم‌ترین میزان آسیب بر محیط زیست در واحد یک هکتار را داشتند.

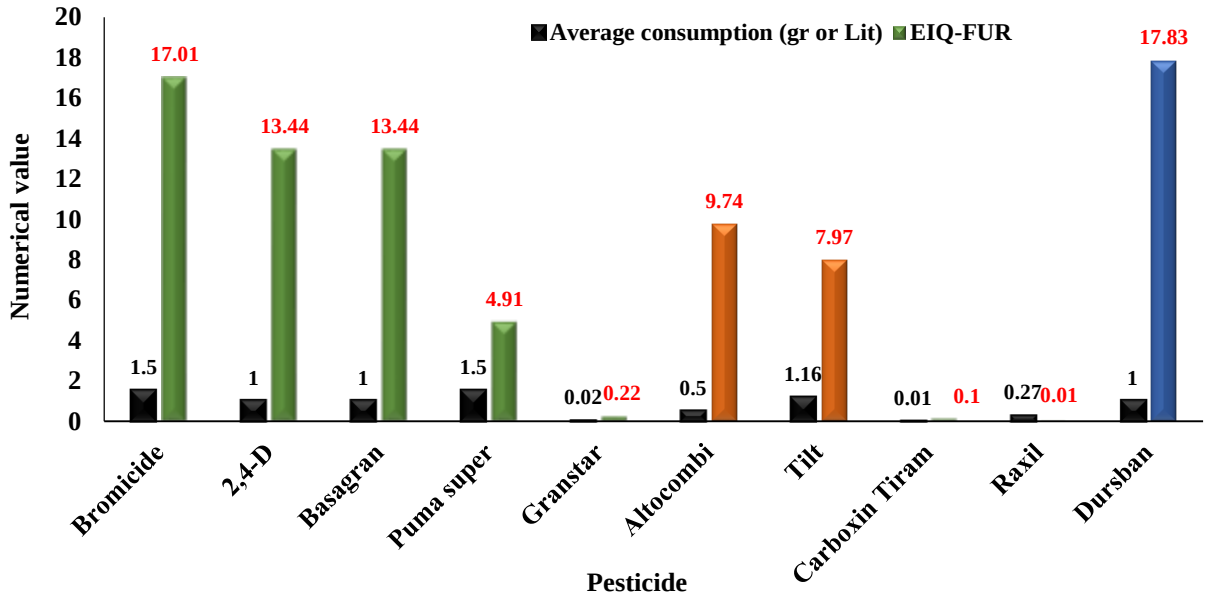
نقشه شاخص EIQ-FUR در مزارع جو

شکل ۱۵ نقشه طبقه‌بندی اثر زیست‌محیطی مزارع جو بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول را نشان می‌دهد. مطابق نتایج پیش گفته‌شده، توجه کم‌تر کشاورزان این مزارع نسبت به مصرف آفت‌کش‌ها باعث شده است که بیشتر مزارع در قسمت‌های شمالی و جنوبی در طبقه آسیب خیلی کم قرار گیرند. آسیب محیط زیستی سه مزرعه ۲، ۷ و ۹ در بخش مرکزی منطقه، به‌دلیل استفاده از آفت‌کش‌هایی هم‌چون آلتوکمبی، بروموسید و توفوردی، بیش‌تر شده و EIQ-FUR آن‌ها در طبقه آسیب کم جای گرفتند. در زراعت این گیاه، بیش‌ترین توجه به علف‌کش‌ها معطوف بوده است. علف‌کش پوماسوپر تنها علف‌کش نازک‌برگ‌کش مزارع جو بوده است. این علف‌کش با وجود دارا بودن EIQ بالاتر، به‌دلیل درصد ماده مؤثره کم‌تر در ترکیب این علف‌کش، میزان EIQ-FUR کم‌تری را ایجاد

کرده و مصرف آن در منطقه آسیب جدی وارد نخواهد کرد. در مقابل در گروه علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش از جمله بروموایسید، توفوردی، بازاگران و گرانستار، علف‌کش بروموایسید میزان مصرف و EIQ-FUR بیش‌تری از علف‌کش‌های دیگر داشته و سمیت بالایی را نشان داده است، بنابراین توصیه می‌شود که با علف‌کش‌های کم خطر مانند گرانستار جایگزین شوند (شکل ۱۵).

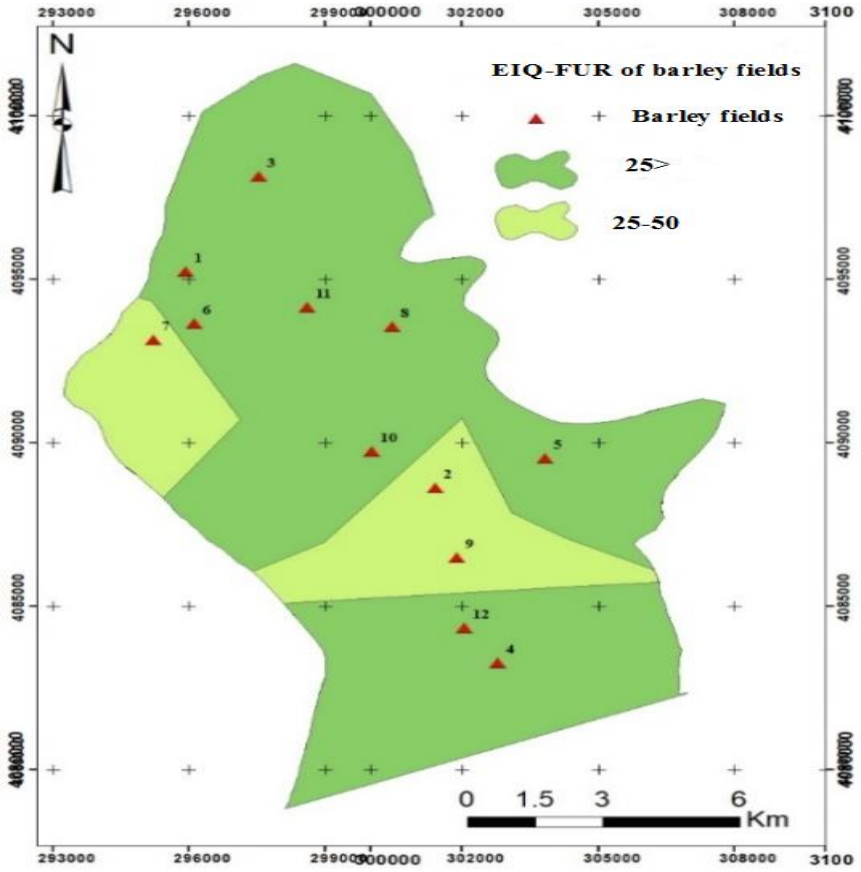
بررسی میزان عملکرد مزارع جو منطقه با میزان اثر زیست‌محیطی ایجادشده در واحد هکتار این مزارع، ارتباط کم این دو متغیر (R^2=۰/۳۶) را نشان می‌دهد. عملکردهای بالا با وجود مصرف آفت‌کش‌های کم‌تر و برعکس، ارتباط معکوس و عدم رابطه مستقیم بین این دو متغیر را نشان داده و نقاط داده‌ها از هماهنگی و یکنواختی کافی برخوردار نمی‌باشند (شکل ۱۶).

مقایسه EIQ-FUR و عملکرد مزارع جو



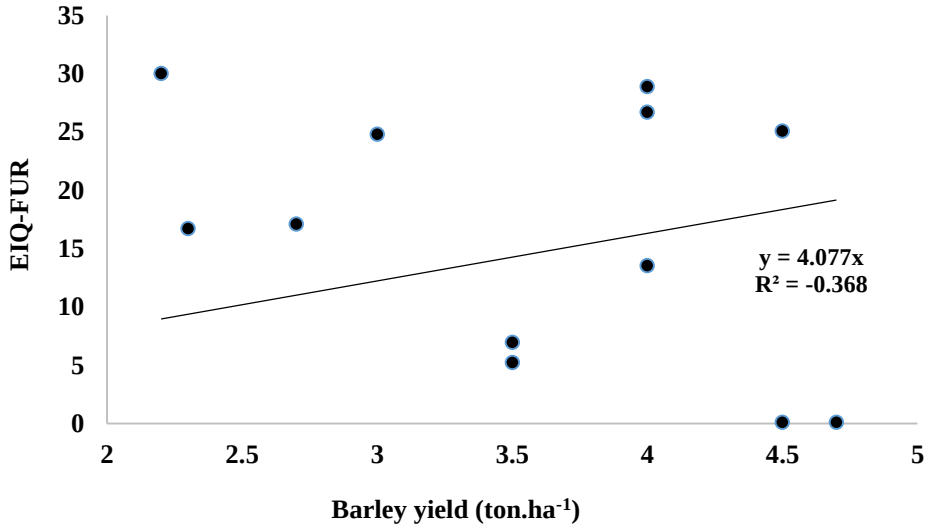
شکل ۱۵- متوسط میزان مصرف آفت‌کش‌های مصرفی و مقادیر EIQ-FUR در واحد هکتار مزارع جو بخش فاضل‌آبادشهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 15- The average consumption of pesticides and EIQ-FUR values per hectare of barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province



شکل ۱۶- طبقه‌بندی اثر محیط زیستی (EIQ-FUR) مزارع جو در بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 16- Classification of environmental impact (EIQ-FUR) of barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province



شکل ۱۷- رابطه EIQ-FUR با میزان عملکرد جو (تن در هکتار) در مزارع مطالعاتی بخش فاضل‌آباد شهرستان علی‌آبادکتول، استان گلستان

Fig. 17- The relationship between EIQ-FUR and wheat yield in barley fields of Fazel Abad district in Ali Abad Katool county, Golestan Province

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، بیش‌ترین میزان آسیب به کارگر مزرعه در گروه علف‌کش‌ها متعلق به بروماسید، در گروه حشره‌کش‌ها مربوط به دورسبان و در گروه قارچ‌کش‌ها به آلتوکمبی تعلق گرفت و به‌طور کلی، در مصرف دو علف‌کش بروماسید، فولیکور و راکسیل بیش‌ترین آسیب متوجه کارگران مزرعه خواهد بود. همچنین در میان آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع مورد بررسی، قارچ-کش‌های راکسیل، فولیکور و آلتوکمبی در مقایسه با گروه آفت‌کشی علف‌کش و حشره‌کش، آسیب بیش‌تری بر جزء مصرف‌کنندگان و خطر آب‌شویی در محیط زیست نشان دادند. بررسی آفت‌کش‌های مصرفی و آسیب بر اجزای بوم‌شناختی، دو حشره‌کش دیازینون و دورسبان را به‌عنوان خطرناک‌ترین آفت‌کش‌ها بر موجودات محیط زیست معرفی کرد. همچنین علف‌کش پوماسوپر و قارچ‌کش‌های آلتوکمبی، فولیکور و راکسیل نیز از آفت‌کش‌های مضر بر اجزای بوم-شناختی شناخته شدند که لازم است در مصرف آن‌ها دقت و مدیریت بیش‌تری اعمال کرد.

به‌طور کلی، براساس میانگین این آسیب‌های ذکرشده یعنی شاخص EIQ برای هر آفت‌کش، قارچ‌کش آلتوکمبی، علف‌کش پوماسوپر، حشره‌کش دورسبان و قارچ‌کش فولیکور خطرناک‌ترین آفت‌کش‌ها در مزارع مورد بررسی معرفی شدند. بر طبق میزان مصرف سموم در مزارع گندم و جو و آسیبی که به محیط زیست وارد می‌شود، سموم اینوور (۱۸/۴۸)، دورسبان (۱۷/۸۳)، بروماسید (۱۷/۰۱)، دیازینون (۱۶/۶۶)، مالاتیون (۱۳/۶۸)، توفوردی (۱۳/۴۴)، بازاگران (۱۳/۴۴) و آرتیا (۱۳/۲۵) به‌عنوان سموم پرخطر در منطقه در نظر گرفته شدند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در بخش علف‌کش‌ها به‌جای استفاده از سمومی با سمیت بالا، پهن‌برگ یا باریک‌برگ‌کش، از علف‌کش‌های دومنظوره با میزان آسیب و سمیت کم‌تر مانند آتالنتیس استفاده کرد. به‌علاوه، یکی از مهم‌ترین راه‌های کاهش مصرف سموم شیمیایی، پایش مستمر مزارع توسط کشاورزان و برنامه‌ریزی کنترل شیمیایی متناسب با آفات و علائم بیماری‌زا است. تأکید بر استفاده از روش‌های زیست‌بوم‌محور برای مهار آفات کشاورزی، از جمله اجرای تناوب زراعی در محصولات مختلف، می‌تواند منجر به کاهش جمعیت و تنوع گیاهان هرز و حشرات آفت، افزایش عملکرد محصولات و کاهش هزینه‌های مدیریت مزرعه شود. با توجه به ضرورت برنامه‌ریزی جهت استفاده سموم و آگاه‌سازی کشاورزان از مخاطرات مصرف و توجه به استفاده از آفت‌کش‌های کم خطر، پیشنهاد می‌شود که این شاخص در خصوص تمامی آفت‌کش‌های مورد استفاده منطقه محاسبه گردد و انتخاب سموم در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات با توجه به این شاخص صورت پذیرد.

References

1. Arkin, L. (2011). Assessing environmental impact quotients for pesticide use on state Highways in Lane County. *Oregon Toxice Alliance (OTA*), 1-23. https://www.beyondtoxics.org.
2. Ansah, B. (2019). Assessment pesticides application and impacts among smallholder cocoa farmers in Western Region-Ghana. M.Sc. Thesis, College of Agriculture and Natural Sciences, University of Cape Coast.
3. Barzegar, S.M.M. (2019). The effects of poisons and chemical fertilizers on The Soil and The Health of the Biologists. 16th Iranian Soil Science Congress University of Zanjan, Iran, August 27-29.
4. Bazrgar, A.B., Soltani, A., Koocheki, A., Zeinali, E., & Ghaemi, A. (2013). Evaluation of the environmental impacts of pesticides used in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production systems in Khorasan provinces. *Journal of Agroecology*, *5*(2), 122-133. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V5I2.24463
5. Carbonari, C.A., & Velini, E.D. (2021). Risk assessment of herbicides compared to other pesticides in Brazil. *Advances in Weed Science*, 39, e21202032. https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;39:00006.
6. Cross, P., & Edwards-Jones, G. (2006). Variation in pesticide hazard from arable crop production in Great Britain from 1992 to 2002: Pesticide risk indices and policy analysis. *Crop Protection*, *25*, 1101-1108. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.02.013.
7. Deihimfard, R., Zand, E., Liaghati, H., & Soufizadeh, S. (2004). Strategies for reducing consumption of herbicides. *Environmental Science Journal*, *3*, 4-25. (In Persian with English abstract).
8. Doris, S., Mullen, J., Wetzstein, M., & Houston, J. (2011). Environmental impact from pesticide use: A case study

of soil fumigation in Florida tomato production. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *8*, 4649-4661. https://doi.org/10.3390/ijerph8124649 .
9. FAO. (2009). Available online at: http://faostat.fao.org/site/452/default.aspx
10. Fazel Abad Agricultural Service Center. (2022). Management of crops and horticulture. https://www.ajgol.ir/fa-IR/DouranPortal/1/page/%D8%B5%D9%81%D8%AD%D9%87-%D8%A7%D8%B5%D9%84%DB%8C
11. Gios, G., Farinelli, S., Kheiraoui, F., Martini, F., & Orlando, J.G. (2022). Pesticides, crop choices and changes in well-being. *Bio-Based and Applied Economics*, *11*(2), 171-184. https://doi.org/10.36253/bae10310 .
12. Gizaw, Z. (2019). Public health risks related to food safety issues in the food market: A systematic literature review. *Environmental Health and Preventive Medicine*, *24*(1), 1-21. https://doi.org/10.1186/s12199-019-0825-5
13. Hoseini, S.A. (2018). Assessing the environmental effects of pesticides used in the wheat, canola, cotton and soybean fields in Gorgan and Ali Abad Katool townships. M.Sc Thesis, College of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian with English abstract)
14. Khosravi, S., & Tohidfar, M. (2014). Reducing the consumption of agricultural toxins and cancer by cultivating transgenic crops. *Journal of Genetic Engineering and Biosafety*, *4*(1), 1-10. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.25885073.1394.4.1.5.3
15. Kniss, A.R., & Coburn, C.W. (2015). Quantitative Evaluation of the Environmental Impact Quotient (EIQ) for comparing herbicides. *Plos ONE*, *10*(6), e0131200. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131200
16. Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*, *139*, 1–8.
17. Kumar Kanojia, A., & Sreekesh, S. (2020). Environmental impact of chemical pesticide use in rice using EIQ model. *Journal of Critical Reviews*, 7(16), 2394-5125.
18. Macharia, I., Mithofer, D., & Waibel, H. (2009). Potential environmental impacts of pesticides use in the vegetable sub-sector in Kenya. *African Journal of Horticultural Science*, *2*, 138-151.
19. Mahlouji Rad, M., Kambouzia, J., Zand, E., & Khabbaz Jolfaii, H. (2012). Consideration of environmental impacts of authorized fungicides in Iran using EIQ model. *Journal of Agroecology*, *2*(2), 73-86. (In Persian with English abstract).
20. Maleki, L., Sadrabadi Haghighi, R., & Bazregar, A.B. (2015). The study of environmental impact quotient (EIQ) of pesticides used in wheat and barley farms in Mashhad. *Journal of Agroecology*, *7*(1), 109-119. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V7I1.48270 .
21. Moeinoddini, S.S., Zand, E., Kambouzia, J., Mahdavi Damghani, A., & Deihim Fard, R. (2014). Environmental risk assessment of registered insecticides in Iran using Environmental Impact Quotient (EIQ) index. *Journal of Agroecology*, *6*(2), 250-265. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V6I2.39367 .
22. Molaei, M., Javanbakht, O., & Hesari, N. (2017). The estimation input-oriented environmental efficiency of agricultural products (Case study: Environmental efficiency of rice production). *Agricultural Economics Journal*, *11*(2), 157-172. (In Persian). https://doi.org/10.22034/IAES.2017.26798
23. Niazmoradi, M., Kazemi, H., Gherekhloo, J., Soltani, A., & Kamkar, B. (2024). Environmental impact quotient (EIQ) evaluation of used pesticides in wheat (*Triticum aestivum* L.) Fields of Bandar-e-Turkeman county, Golestan province. *Journal of Agroecology*, *15*(4), 809-823. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/AGRY.2022.76161.1106 .
24. Peterson, R.K.D., & Schleier III, J.J. (2014). A probabilistic analysis reveals fundamental limitations with the environmental impact quotient and similar systems for rating pesticide risks. *Peer-Reviewed Scientific Mega Journal*, *2*(1), e364. https://doi.org/10.7717/peerj.364
25. Philippe, V., Neveen, A., Marwa, A., & Ahmad Basel, A.Y. (2021). Occurrence of pesticide residues in fruits and vegetables for the Eastern Mediterranean region and potential impact on public health. *Food Control*, *119*, 107457. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107457
26. Pingali, P.L., & Roger, P.A. (1995). Impact of pesticide on farmer health and the rice environment. *Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA*.
27. Ramezani, M.K. (2013). Fate of pesticides and their risks assessment in the environment: A review. *Journal of Weeds Research*, *5*(1), 97-121. (In Persian)
28. Rezaei, R., Safa, L., & Ganjkhanlo, M.M. (2020). Understanding farmers' ecological conservation behavior regarding the use of integrated pest management- an application of the technology acceptance model. *Global*

Ecology and Conservation, *e0094*(22), 1-18. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00941

29. Sande, D., Mullen, J., Wetzstein, M., & Houston, J. (2011). Environmental impacts from pesticide use: A case study of soil fumigation in Florida tomato production. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8, 4649-4661. https://doi.org/10.3390/ijerph8124649
30. Yadollahi Nooshabadi, S.J., Jahansuz, M.R., Majnoun Hosseini, N., & Peykani, G. (2017). Evaluation of environmental risks in the use of insecticide in Hashtgerd region using EIQ. *Journal of Agroecology*, *9*(4), 1020-1030. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V9I4.50487