





Balkh University
Vice Chancellor or Research & Scientific Journal
Directorate of Scientific Journal

International Journal of Natural Science
VO1.NO1-2025

Concessionaire: Balkh University

Director in Responsible: Professor Sayed Hamayon Shah Akbari (Ph.D)

Chief in Editor: : Senior Teaching Assistant Ghulam Sarwar Mubariz (MA)

Expert of International Journals: Shamsuddin khojazada (MA)

G. Manager of Scientific Journal: Sabirullah Sahar

Publication Manager: Ashiqullah Rahim

Print: Balkh University Publication Directorate

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php>

Email: balkhscience093@gmail.com

Editorial Team

Professor Abdul Qayom Ansari (Ph.D)	Faculty of Agriculture, BalkhUniversity
Professor Shah Mahmood Faqhiri (Ph.D)	Faculty of Agriculture, BalkhUniversity
Assistant Professor Mehrullah Mehr (Ph.D)	Faculty of Education, Baghlan University
Senior Teaching Assistant Sohrab Rahmani (Ph.D)	Faculty of Medical, Balkh University
Senior Teaching Assistant Ali Hasan Mozaffari (Ph.D)	Faculty of Pharmacy, Balkh University
Assistant Professor Nematullah Fithnat (MA)	Faculty of Medical Balkh University
Assistant Professor Abdul Khalil Khalil (MA)	Faculty of Engineering, Balkh University
Assistant Professor Sorgul Kashmiri (MA)	Faculty of Education, Balkh University
Assistant Professor Abdul Razaq Nazari (MA)	Faculty of Education, Balkh University
Assistant Professor Mirwas Baha (MA)	Faculty of Medical, Balkh University
Senior Teaching Assistant Mohammad Naser Mohseni (MA)	Faculty of Science, Balkh University
Senior Teaching Assistant Enayatullah Erfani (MA)	Faculty of Engineering, Balkh University
Junior Teaching Assistant Wazir Ahmad Foshangi (MA)	Faculty of Engineering, Balkh University

Guidelines for Writing Articles for the International Journal of Balkh University

These guidelines are designed for submitting scientific research articles to the International Journal of Balkh University in social sciences and natural sciences, ensuring articles meet proper structure and content standards.

Components of a Scientific Article

Title, author(s), affiliated institution, abstract, keywords, introduction, methods and materials, findings, discussion, conclusion, and references.

1. Title

The title of the submitted article must have the following characteristics:

1. Original and novel, practical, and researchable;
2. Comprehensive and reflective of the content of the research;
3. Short (fewer than 20 words), specific, attractive, free of abbreviations, trade names, and unnecessary words;
4. Not phrased as a question.

2. Author(s)

The author's details should be written after the title on the right side in the next line; the name of the department, faculty, institution, email address, and researcher identification number (ORCID) should be provided.

Note (1): If multiple authors write the article, the corresponding author must be specified.

Note (2): Honorary and ceremonial titles that do not have an academic nature should be avoided.

3. Abstract

Abstracts of articles in the International Scientific Research Journal of Balkh University must have the following features:

1. A minimum of 150 words and a maximum of 250 words in a single paragraph;
2. Independent of the main text, concise, non-judgmental, and coherent;
3. The abstract should be written in the original language of the article and translated into English;

4. The structure of a scientific abstract should include the following elements in order:

- The background of the problem in one sentence, with reference to research results;
- The objective in one sentence, specifying the purpose of the study;
- The method in up to two sentences, including the type of data collection, statistical population, and sampling;
- The main and significant findings of the research in one or two sentences;
- Recommendations (optional).

Note: In the abstract, separate headings such as Introduction, Objective, Method, Findings, and Conclusion should be avoided.

4. Keywords

Keywords are key terms that express the subject of the article and are used for retrieving and introducing the article to the academic community. They should have the following characteristics:

1. Keywords are usually the most frequently used terms in the article.
2. Keywords must reflect the content of the article and should not be taken from the words used in the main title of the article;
3. They should include at least five words;
4. Keywords should be arranged in alphabetical order.

5. Introduction

The introduction of the article should include the following points:

1. Introduction of the research problem (who, when, where, what solution has been reached, and what the research is addressing the existing gap should be explained.
2. The problem under study should be explained by presenting scientific evidence in accordance with previous studies.
3. In the introduction, while stating the objectives and significance of the research, it should be made clear what results the researcher seeks to achieve;
4. Presentation of the research questions/hypotheses, research methodology, and background of the topic.

Note: In the introduction, the use of separate headings such as Objectives, Research Questions, and Significance of the Study, Literature Review, Findings, and Conclusion should be avoided.

6. Materials and Methods

Main elements of this section:

1. Research Design:

- The type of study (experimental, survey, correlational, qualitative, etc.) and the rationale for choosing it;
- Precise definition of independent, dependent, and controlled variables;
- Explanation of how variables are manipulated (in experimental studies) or how groups are formed (in non-experimental studies).

2. Population and Sample (Participants/Sample):

- Complete characteristics of the sample (size, age, gender, and participants' characteristics);
- Sampling method (random sampling, convenience sampling, etc.) and ethical considerations (informed consent, etc.).

3. Data Collection Instruments (Instruments/Measures):

- Description of the instruments used (questionnaires, tests, scales, interviews);
- Explanation of scoring procedures and their psychometric properties (validity and reliability).

4. Procedure and Data Collection:

- Step-by-step description of the research implementation process in chronological order;
- Details of laboratory protocols or fieldwork procedures.

5. Data Analysis Methods (Data Analysis):

- Names of the statistical software used (such as SPSS, R);
- Types of statistical tests applied (such as t-tests, ANOVA) for data analysis.

7. Findings / Results

The findings include statistical and descriptive information, which should be explained clearly and in detail using statistical indicators such as numbers, figures, and symbols. Where necessary, relevant graphs and

charts related to the topic should be used, taking into account the type of variables and numerical data.

Note: Explanations of tables should be written above the tables, and captions for figures should be placed below them.

8. Discussion

In this section, considering the research objectives, the main results obtained are briefly interpreted and discussed. In writing the discussion, the following points should be observed:

1. Presenting a summary of the key findings in one paragraph at the beginning of the discussion;
2. Comparing the results with previous studies and clarifying their similarities and differences;
3. Stating the strengths and limitations of the study and, if necessary, proposing directions for future research.

Note: In field-based research, findings and results are considered together.

9. Conclusion

The conclusion reflects the findings and achievements of the research and should remain within the scope of the studies content. In the conclusion, long sentences, repetition of textual information, images, and tables should be avoided. If necessary, the researcher's recommendations may be mentioned at the end of the conclusion without a separate heading.

Note: All tables and graphs should be formatted on an A4 portrait page in Word.

10. Referencing Style

All in-text citations used in this journal must follow the APA style.

11. References

The arrangement and formatting of references in the International Journal of Balkh University should follow the APA style.

Guidelines for Setting Font Size in Articles of the International Journals of Balkh University

Section	Arabic	Dari	Pashto	Font Type
Article title	14, Bold	14, Bold	14, Bold	BahijZar
Authors' names	11, Bold	11, Bold	11, Bold	BahijZar
Abstract text	12, Bold	12, Bold	12, Bold	BahijZar
In-text headings	12, Bold	12, Bold	12, Bold	BahijZar
Keywords	12	12	12	BahijZar
Main text of the article	12	12	12	BahijZar
English abstract and keywords	12	12	12	Times New Roman
English article text	12	12	12	Times New Roman
References	To be arranged according to the APA style.			

Note!

In submitting international articles, respected professors must adhere to the required APA 7th edition standards; otherwise, their articles will not be accepted.

LIST OF ARTICLES

Assessment of the Spatial Distribution of Heavy Metal Contamination of Soils Surrounding the Ghorī Cement Factory Using the Contamination Factor (CF) Index	1
1. Mohammad Nasir Nazari	1
Senior Teaching Assistant, Faculty of Engineering, Balkh University	1
2. Ghulam Sakhi Jahid	1
Effect of Irrigation Schedule on the development of charcoal rot of maize under artificial inoculation conditions	15
1. Khalilullah Ahmad	15
Senior Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Balkh University ...	15
2. Harleen Kaur	15
Principal Pathologist (Maize) PAU, Ludhiana, India.....	15
3. Amruddin Fakhri	15
Associate Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University	15
4. Mohammad Yousuf Fakoor.....	15
Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University	15
5. Nasratullah Habibi.....	15
Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University	15
Investigation of Structural, Electronic, and Magnetic Properties of Aluminum nitride Monolayer Doped with Rb and Cs	25
1. Bashir Ahmad Niazi	25
Senior Teaching Assistant, Faculty of Science, Balkh University	25
2. Sayed Emaduddin Mansor.....	25
Teaching Assistant, Faculty of Education, Takhar University	25
Investigation of the prevalence of coccidiosis in broiler chicken farms in Mazar-e-sharif city	37
1. Amanullah Monis	37
Professor, Faculty of Veterinary Science, Balkh University	37
2. Hassanali Moradi	37
Senior Teaching Assistant, Faculty of Veterinary Science, Balkh University.....	37

3. Zbihullah Fasihi	37
Senior Teaching Assistant, Faculty of Veterinary Science, Kunduz University	37
4. Khalil Razavi.....	37
Sustainable Agriculture Development through Education and Extension..	47
1. Nasir Ahmad Nasrat	47
Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Farah University	47
2. Mahfozullah Rashed	47
Jinior Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Farah University	47
3. Mehrabuddin Rashed	47
Jinior Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Farah University	47
The Role of Forests, Natural Landscapes and Cultural Heritages in Tourism Development: A Case Study of Marmol District, Balkh Province	61
1. Shah Mahmood Faqiri	61
Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University	61
2. Zabihullah Sharifi.....	61
Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Balkh University.....	61
3. Nasratullah Habibi.....	61
Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University	61
4. Amruddin Fakhri	61
Associate Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University	61
Comparing the Chemical composition and nutritional value of eggs from backyard chickens and farm-raised chickens	75
1. Rahimullah Amarkhil	75
Senior Teaching Assistant, Faculty of Vitarnari, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)	75
2. Ahmadullah Zahir Senior Teaching Assistant, Faculty of Vitarnari, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)	75
3. Aminullah Noor.....	75
Senior Teaching Assistant, Faculty of Vitarnari, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)	75
4. Mohammad Dawood Bawar.....	75

Senior Teaching Assistant, Faculty of Vitarnari, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)	75
Determining the operating regime of buildings based on the type of weather prevailing in different climatic regions of Afghanistan.....	91
1. Saied Hamayon Shah Akbari	91
PhD, Professor, Faculty of Engineering, Balkh University.....	91
2. Edries Jalal	91
1. Ainuddin Amani	103
Professor, Faculty of Agriculture, Takhar University	103
2. mohammad Akbar Ansari.....	103
Associate professor, Faculty of Agriculture, Balkh University.....	103
3. Abdul Qadir Nabizada.....	103
Assistant professor, Faculty of Agriculture, Takhar University.....	103
Quantitative groundwater prediction and modeling using MODFLOW model.....	113
(Case study: Herat City-Afghanistan).....	113
Removal of the organic dye crystal violet from aqueous solutions by Kakuti plant ash	141
Mohammad Shakar Dahzad	141
Senior Teaching Assistant, Faculty of Education, Badakhshan Uenivrsity	141
Evaluation of prevalence of MDR-TB incidences in 24-beds MDR-TB hospital-Mazar-e-sharif -2024	163
1. Hashem Kamal Nazari	163
Senior Teaching Assistant, Faculty of pharmacy, Balkh University	163
2. Rafiullah Hadid	163
Teaching Assistant, Faculty of pharmacy, Balkh University	163

EDITORIAL/سرمقاله

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين و به نستعين و عليه نتوكل، والصلاة والسلام على من بُعث رحمة

للعالمين وعلى آله وصحبه أجمعين أما بعد.

The launch of the *Balkh Journal of Natural Sciences* (BJNS) comes at a pivotal moment for scientific research, as the need for rigorous, evidence-based studies has never been greater. This inaugural issue reflects our commitment to fostering high-quality scholarship, encouraging interdisciplinary dialogue, and promoting innovative research that advances both human understanding and technological progress. BJNS provides a platform where diverse scientific perspectives converge to address the complex challenges of our natural and technological world.

As a newly established journal, BJNS is dedicated to publishing high-quality, peer-reviewed research in the fields of physics, chemistry, biology, mathematics, environmental science, computer science, and related areas that shape human understanding and technological innovation. The launch of this first issue marks an important milestone in our university's commitment to fostering scholarly dialogue at the local, regional, and global levels.

The publication of research in the natural sciences is indispensable for interpreting complex natural and technical phenomena, informing policy decisions, and contributing to sustainable development. By offering a multidisciplinary platform, BJNS encourages the integration of diverse methodological approaches and theoretical perspectives. Such academic synergy not only enriches scholarly inquiry but also enhances research's capacity to address contemporary scientific, technical, and environmental challenges.

The goals of BJNS are both ambitious and essential. Our journal seeks to promote innovative research, uphold international standards of academic integrity, and provide a credible venue for emerging and established scholars alike. We aim to expand the visibility of regional scholarship, support evidence-based knowledge creation, and contribute to the global academic conversation. By aligning our editorial practices with those of reputable international journals—through strict peer review, transparent editorial processes, and a commitment to educational excellence—we aspire to build a publication that meets the expectations of the global research community.

We extend our sincere appreciation to all members of the editorial board, section editors, reviewers, and contributors whose expertise, dedication,

and time have shaped the quality of this inaugural issue. We also thank the authors who entrusted us with their work and helped lay the foundation for what we hope will become a long-standing academic tradition.

We warmly invite researchers from around the world to submit their manuscripts to future issues of BJNS. Your contributions will help expand the frontiers of natural science research, enrich academic debate, and amplify our region's intellectual presence in the international scholarly landscape. We are committed to providing a professional, fair, and timely review process, and we look forward to publishing work that embodies originality, methodological rigor, and scholarly insight.

With this inaugural issue, the *Balkh Journal of Natural Sciences* takes its first step toward becoming a trusted and influential platform for high-quality academic research. We look forward to continued collaboration with scholars worldwide and warmly welcome researchers to contribute to future issues. Together, we aspire to advance scientific knowledge, enrich academic debate, and strengthen the global presence of our regional research community.

Hameedullah Omarkhel, Ph.D.
Vice Chancellor for Research and the Academic Journal of
Balkh University



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol. 1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

Assessment of the Spatial Distribution of Heavy Metal Contamination of Soils Surrounding the Ghorri Cement Factory Using the Contamination Factor (CF) Index

1. Mohammad Nasir Nazari ¹ 

Senior Teaching Assistant, Faculty of Engineering, Balkh University

2. Ghulam Sakhi Jahid 

Assistant professor, Faculty of Science, Balkh University

Received: 04/7/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

Soil contamination with heavy metals, particularly around cement factories, is among the most pressing environmental and public health concerns. This study aimed to assess the contamination of surface soils surrounding the Ghorri Cement Factory, which has operated for years without due consideration of its environmental impacts. The concentrations and contamination levels of heavy metals, including mercury (Hg), arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb), chromium (Cr), nickel (Ni), cobalt (Co), and aluminum (Al), were examined. Seventeen soil samples were collected from inside and around the factory based on prevailing wind directions. The samples were chemically digested following the international standard method (ISO 11466), and metal concentrations were measured using atomic absorption spectrophotometry. The degree of soil contamination was assessed using the Contamination Factor (CF) index. The results showed that aluminum, nickel, chromium, and cobalt levels indicated low

¹. Email: nasirnazari0011@gmail.com

contamination, while lead and cadmium reflected moderate contamination. Arsenic and mercury exhibited high to very high contamination levels. The highest CF value was observed for mercury, with an average exceeding 14, indicating very severe contamination. The increasing CF values toward the southeast direction of the factory and proximity to the pollution source highlight the direct impact of industrial activities on soil contamination. This severe contamination poses potential environmental and health risks, emphasizing the need for effective monitoring and control measures.

Keywords: Soil contamination, Mercury, Contamination Factor (CF) index, Heavy metals, Cement factory.

1. Introduction:

Irreversible changes, often resulting in extensive and complex consequences, stem from human activities impacting the Earth. Over time, alterations in water, soil, and air disrupt the balance and stability of ecosystems, lead to environmental degradation, and contribute to pollution. Such pollution currently represents one of the most significant environmental, health, and economic challenges (Stafilov et al, 2010).

Soil is a natural resource whose renewal is difficult. Research indicates that the average global soil formation rate ranges from approximately 10.93 to 114.27 millimeters per century. In arid environments, numerous interactions and reactions occur among the solid, liquid, gas phases, and living organisms within the soil, which serve as a vital ecological crossroads. Due to human activities or natural processes, soil degradation happens gradually and continuously over long periods. These consequences are long-lasting and typically irreversible within a human lifetime (Stockman et al., 2014).

One of the most critical issues facing humanity in contemporary societies is environmental pollution. Currently, the primary soil pollutants include heavy metals, acid rain, and organic substances. Although heavy elements naturally exist in soil, due to the high sensitivity of this ecosystem, soil is easily exposed to metal contaminants. Because of the toxic characteristics of metals in soil, this issue has received significant attention

Assessment of the Spatial Distribution of Heavy Metal ...

in recent years (Baidourela et al., 2021; Zhang et al., 2018).

The occurrence of negative environmental impacts and destructive effects on the health of living organisms can result from increased levels of heavy elements such as lead, chromium, and cadmium in water, soil, and air (Sadegh et al., 2018). In most regions, heavy metal infiltration into the soil due to human activities exceeds natural rates (Liu et al., 2005). Most heavy metals cause toxicity in living organisms, and even excessive amounts of essential elements can lead to poisoning. Heavy metals are involved in biochemical processes that pose risks to human health, plant growth, and animal life (Akbar et al., 2006).

Certain heavy elements such as lead, nickel, chromium, zinc, and iron are of significant environmental concern due to their persistence, accumulation in soil, and eventual entry into the food chain. Among these, elements that are highly toxic and pose serious risks to human health include lead, nickel, and chromium (Gevorgyan et al., 2017).

In recent years, the rapid growth of industry and urbanization has led to a significant increase in the production of dust and airborne particulate matter, reaching millions of tons annually. These pollutants pose a substantial threat to the environment and human health (Rai, 2011). Among various industries, the cement industry is one of the major contributors to dust emissions due to the nature of its production processes (Zelege et al., 2010).

Dust particles released from cement factory chimneys combine with other airborne pollutants, not only contaminating the surrounding soil but also having detrimental effects on plants and agricultural crops. In addition, they contribute to the deterioration of textiles and the corrosion of metal equipment (Mosavi et al., 2015).

Cement factories are considered among the most polluting industries in the world and are major sources of heavy metals such as cadmium (Cd), chromium (Cr), lead (Pb), nickel (Ni), manganese (Mn), copper (Cu), and zinc (Zn), which are released into the environment during various stages of the cement production process (Yahya et al., 2013). Heavy metals are of particular concern even at low concentrations due to their impact on microorganisms and their physiological effects on humans and other living

organisms (Saeb et al., 2015).

Given the environmental problems caused by dust emissions from the Ghori Cement Factory, along with their adverse effects on human health and surrounding ecosystems, it is essential to conduct research on the pollutants deposited into the soils around this facility.

2. Materials and Methods:

2.1. Study Area Description:

As shown in Figure 1, the Ghori Cement Factory is located north of Pul-e-Khumri city, adjacent to the Baghlan River, in a region with a moderate climate characterized by hot summers and very cold winters. The site lies at an elevation of 634 meters above sea level, between the longitudes $68^{\circ}40'41.04''$ to $68^{\circ}41'38.05''$ E and latitudes $35^{\circ}57'33.08''$ to $35^{\circ}58'31.44''$ N (Google Earth, 2025). The study area encompasses a one-kilometer radius around the factory. To the west of the factory lies a mountain that serves as the source of raw cement materials (limestone), while residential areas and agricultural lands occupy the other three directions. The factory is situated near the city of Pul-e-Khumri, where the majority of the population resides within a one to four-kilometer radius.

The Baghlan River flows alongside the factory from south to north, and its water is utilized for various purposes, including industrial processes within the factory, agriculture, and horticulture. The factory employs 812 individuals in various departments, including production, technical operations, mining, services, security, and gardening. The land use around the factory includes industrial, residential, agricultural, green areas, recreational spaces, horticulture, and a fish hatchery.

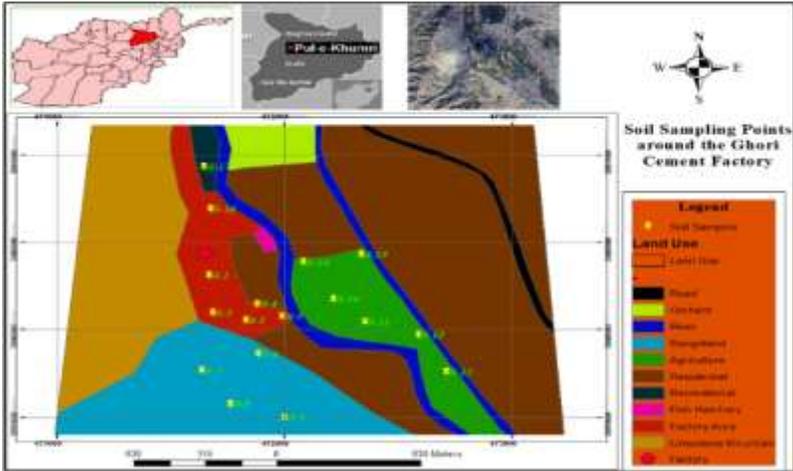


Figure 1: Geographical Location of Ghori Cement Factory (Nazari. 2025)

2.2. Sampling and Sample Preparation

In order to conduct this study, a total of 17 surface soil samples were randomly collected from the vicinity of the Ghori Cement Factory during the autumn of 2023, from a depth of 0 to 15 cm, taking into account the prevailing wind direction in the area. The locations of the sampling points are shown in Figure 1. Subsequently, 16 of these samples were composited together for analysis, as illustrated in Table 1. In the end, chemical digestion was performed on 7 composite samples and 2 individual samples, which were considered as control and reference samples. The chemical digestion process was carried out in accordance with the international standard method ISO 11466-1996. Based on this method, soil samples were air-dried for 24 hours, then sieved using a 2 mm mesh (mesh 60).

Exactly 3 grams of soil were weighed using a scale with 0.001 g precision and placed into a sterilized beaker. Then, 1 mL of distilled water was added for moistening. After mixing, 21 mL of concentrated hydrochloric acid (37%) was added to the soil. Once the reaction was completed, 7 mL of concentrated nitric acid (65%) was added. After the fumes dissipated, 15 mL of 0.5 M nitric acid was added to the contents of the beaker. The beaker was then covered with a sterilized watch glass and left at room temperature for 16 hours. Afterward, the beaker was placed on a hot plate for 2 hours to evaporate part of the solution until one-third of

the original volume remained. Once cooled, 10 mL of diluted nitric acid (0.5 M) was added to each beaker. The resulting solution was filtered using filter paper and a volumetric flask, and the volume was adjusted to 100 mL with distilled water. Finally, the extract was transferred into plastic bottles for further analysis.

In this study, the concentrations of heavy metals (Cadmium, Cobalt, Nickel, Mercury, Arsenic, Lead, Chromium, and Aluminum) were measured using the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). To assess the level of soil contamination by heavy metals, the Contamination Factor (CF) index was used.

2.3. Contamination Factor (CF)

To evaluate the degree of soil contamination, the Contamination Factor (CF) is used. This index is calculated by dividing the concentration of a given element in the collected sample by the concentration of the same element in the background (reference) sample. It reflects the level of contamination of the soil by trace elements and is determined using Equation 1:

$$C_f^i = \frac{C_i}{C_{ri}} \quad (1)$$

Where:

C_f^i Is the contamination factor of element i , C_i is the concentration of element i in the soil sample from the study area, C_{ri} is the concentration of the reference element (Cabrera et al., 1999).

In this study, the background concentration of each element was determined from the control (reference) sample.

Table 2. Classification of Contamination Factor (Hakanson., 1980 ;Kowalska et al., 2018)

Class	Contamination Factor (CF)	Soil Quality
1	$CF < 1$	Low contamination
2	$1 < CF < 3$	Moderate contamination
3	$3 < CF < 6$	Considerable contamination
4	$CF \geq 6$	Very high contamination

3. Research Findings

In this study, the concentrations of heavy metals (lead, nickel, chromium, cadmium, cobalt, mercury, arsenic and aluminum) in the soil samples were

Assessment of the Spatial Distribution of Heavy Metal ...

evaluated using the Contamination Factor (CF) index. The calculated CF values for each heavy metal are presented in Table 3.

Table 3: Contamination Factor (CF) of Heavy Metals in Soil around the Ghori Cement Factory

No	Sample	Station Location	Pb	Ni	Cr	Cd	Co	Hg	As	Al
1	F/115	Inside Factory	0.952	0.288	0.04	1.818	0.717	16	3	0.573
2	F/116	Inside Factory	0.262	0.125	0.036	3.939	0.507	14.333	2.8	0.367
3	F/117	Inside Factory	1.429	0.183	0.03	4.848	0.433	15.333	3.067	0.583
4	F/118	South of Factory	1.19	0.3	0.037	2.121	0.767	15.556	3.156	0.607
5	F/119	South of Factory	0.952	0.314	0.04	1.212	0.757	15.111	3.378	0.67
6	F/120	SE of Factory	0.976	0.263	0.036	0.909	0.687	14.333	3.289	0.653
7	F/121	SE of Factory	1.31	0.3	0.03	1.818	0.807	16.556	3.578	1.033
8	F/122	East of Factory	1.048	0.277	0.027	1.515	0.763	15.333	3.444	0.773
9	F/123	North of Factory	1.429	0.3	0.026	3.333	0.727	15	3.422	0.753
Average			1.061	0.261	0.033	2.391	0.685	15.284	3.237	0.668

Based on the comparison between the average Contamination Factor (Cf) values of heavy metals presented in Table 3 and the classification of contamination levels shown in Table 2, the studied soil shows the following characteristics:

According to the average Cf values, the elements aluminum, nickel, chromium, and cobalt (indicated in light yellow) fall under the *low contamination* class. The elements lead and cadmium (indicated in orange) fall under the *moderate contamination* class. However, **arsenic** (indicated in light red) falls under the *considerable contamination* class, while mercury (indicated in dark red) falls under the *very high contamination* class.

Thus, the studied soil is not significantly contaminated in terms of aluminum, nickel, chromium, and cobalt. However, moderate contamination is observed for cadmium and lead, and severe to very high contamination is detected for arsenic and mercury, respectively, indicating serious environmental pollution risks.

Mercury (Hg):

According to the results presented in Table 3, mercury is identified as the most contaminating heavy metal in the studied soil based on the calculated Contamination Factor (Cf). The concentrations of this element in all samples exceed the standard threshold. As shown in Figure 2, the highest mercury contamination was observed in sample F/121 (located southeast of the factory), while the lowest was found in sample F/116 (representing dust settled on the administrative building of the factory). Additionally, based on Figure2, the contamination factor for mercury increases with proximity in the southeastern direction from the factory, while it decreases in the southern direction.

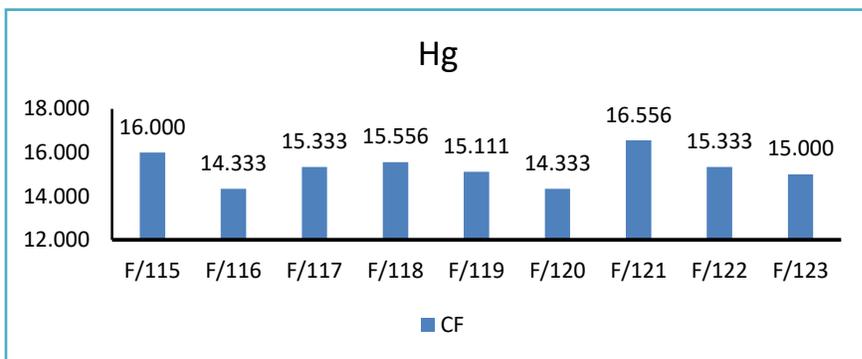


Figure 2: Contamination Factor (Cf) of Mercury (Hg) in Soil Samples

Arsenic (As):

According to the Contamination Factor (Cf) of arsenic, as presented in Figure 3 and Table 3, all soil samples fall within the moderate to considerable contamination classes. On average, however, the contamination level is categorized as considerable, indicated by light red color. The highest contamination factor for arsenic was observed in the sample collected southeast of the factory, while the lowest was found in the samples collected within the factory premises and from limestone. Moreover, as shown in Figure 3, the contamination factor of arsenic increases in the southern and southeastern directions as the distance from

Assessment of the Spatial Distribution of Heavy Metal ...

the factory increases.

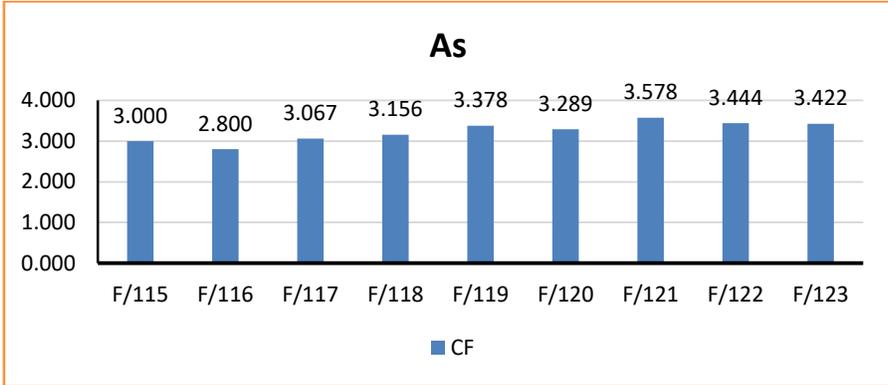


Figure 3: Arsenic Pollution Index in Soil Samples

Cadmium (Cd):

Based on the quality of the studied soil according to Table (2) and Figure (4), and according to the Pollution Factor Index, all soil samples examined fall within the moderate to severe pollution class for cadmium. However, their average classification indicates a moderate pollution level. The maximum pollution index for cadmium corresponds to the soil sample inside the factory (Sample 3), while the minimum is related to the soil sample in the southeastern part of the factory (Sample 6). As clearly shown in Figure (4), the cadmium pollution index decreases as the distance from the factory increases toward the south, and conversely, it increases toward the southeastern direction.

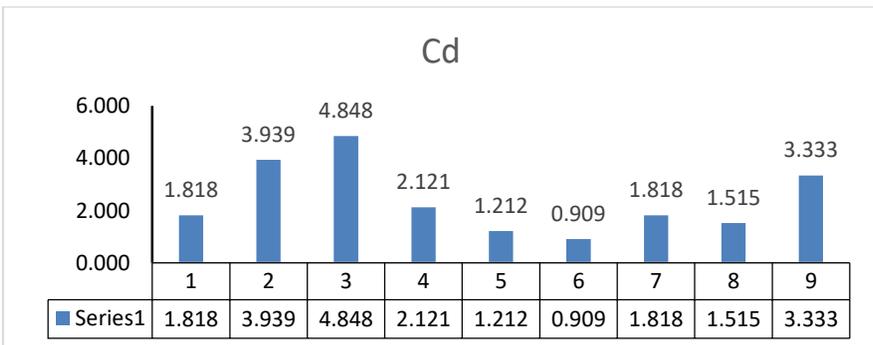


Figure 4: Cadmium Pollution Factor Index in Soil Samples

4. Discussion

In this study, the Pollution Factor Index (CF) for the element's arsenic mercury and cadmium in soils surrounding the factory was examined. The results indicate that the average CF values are greater than 3 for arsenic, more than 14 for mercury, and less than 3 for cadmium. In a study conducted by Gomes et al, (2025), the CF for antimony was reported to be less than 1 in over 95% of the samples, with only one sample reaching a value of 1.11. These findings suggest that the soil in that area was free from contamination or had very minimal contamination by antimony. In contrast, the present study shows an average CF for antimony exceeding 14, indicating very severe contamination. Therefore, there is a clear contradiction between the results of these two studies regarding the element antimony.

Additionally, in a study by Erazo et al. (2025), the arsenic CF in some samples reached approximately 12. This element was identified as the most significant environmental risk factor. The high CF values for arsenic in that research are consistent with the current findings, where the CF for arsenic exceeds 3. Both studies emphasize severe arsenic contamination in the soil.

5. Conclusions and Recommendations

This study aimed to assess the level of heavy metal pollution in soils surrounding the Ghorri Cement Factory, utilizing the Pollution Factor (CF) index for heavy elements including lead, cadmium, nickel, chromium, cobalt, arsenic, antimony, and aluminum. The data analysis revealed that the soils in the studied area exhibit low pollution levels for aluminum, nickel, chromium, and cobalt. In contrast, lead and cadmium showed moderate pollution, while arsenic and antimony indicated severe to very severe contamination. Among the measured elements, the antimony pollution index had the highest average value, exceeding 14, reflecting a critical situation concerning this element's contamination.

The spatial pollution pattern indicated that the southeastern direction from the factory, identified as the predominant wind dispersion pathway, experienced the highest pollution levels. This finding confirms that the industrial activities of the cement factory directly influence pollutant

Assessment of the Spatial Distribution of Heavy Metal ...

distribution and that proximity to the emission source significantly contributes to increased heavy metal concentrations in the soil.

Comparing the results of this study with global investigations revealed that the CF for antimony in the study area is considerably higher than the global average reported. Conversely, the arsenic results align with similar studies in other countries. This discrepancy in antimony pollution may stem from differences in fuel types, raw materials used, or a lack of control systems within the factory.

Given the environmental and health risks associated with the accumulation of heavy metals particularly arsenic and antimony in soils, it is essential to implement comprehensive measures for monitoring, controlling, and reducing pollution in the area. Practical recommendations include employing soil remediation technologies, enhancing filtration systems in the factory, and conducting regular environmental assessments to promote sustainable pollution management in the region.

Based on the findings, the following strategies are proposed for soil pollution management, control, and reduction:

Regular Monitoring: Implement periodic soil surveillance programs to identify changes in pollution levels over time and evaluate the effectiveness of remedial actions.

Use of Advanced Filtration Technologies: Install sophisticated filtration systems in the factory's smokestacks and production units to reduce dust and heavy metal emissions.

Soil Remediation: Apply decontamination methods such as chemical stabilization, phytoremediation, and physical soil treatment to decrease the mobility of heavy metals.

Development of Green Belts: Establish resilient vegetation cover around the factory as a natural barrier to prevent pollutant dispersion and transfer.

Public Awareness: Educate and inform local residents about the hazards of heavy metal contamination and preventive measures.

Environmental Impact Assessments: Require the factory to conduct regular environmental evaluations and comply with national and international standards related to industrial production and waste management.

6. References:

Akbar, K. F., Hale, W. H. G., Headley, A. D., & Athar, M. (2006). Heavy metal contamination of roadside soils of Northern England. *Soil and Water Research*, 1(4), 158–163.

Author. (2025). *Sampling map designed using ArcGIS 10.5*.

Baidourela, A., Zhang, X., & Liu, Y. (2021). Soil contamination with heavy metals near industrial zones: A global perspective. *Environmental Pollution Research*, 28(6), 12345–12357.

Cabrera, F., Clemente, L., Díaz Barrientos, E., López, R., & Murillo, J. M. (1999). Heavy metal pollution of soils affected by the Guadiamar toxic flood. *Science of the Total Environment*, 242(1–3), 117–129.

Erazo, B. A., Vaca, K. S., & Carrillo, W. (2025). Assessing and understanding arsenic contamination in agricultural soils and lake sediments from Papallacta rural parish (Northeastern Ecuador) via ecotoxicology: Factors for environmental embasement. *Environmental Science Proceedings*, 10(1), 59. <https://doi.org/10.3390/ecas2023-13986>

Gevorgyan, G. A., Saghatelyan, A. K., & Melikyan, L. S. (2017). Heavy metal accumulation in soils and plants of Yerevan City (Armenia). *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(3), 132.

Gomes, A. F. M., Santos, C. L., Silva, R. A., Lima, L. B., & Garcia, F. A. (2025). Risk assessment of mercury in soil, water, and sediments collected from Jacobina, Brazil. *ACS Omega*, 10(12), 11576–11588. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c09617>

Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control: A sedimentological approach. *Water Research*, 14(8), 975–1001.

Kowalska, J., Mazurek, R., Gąsiorek, M., & Zaleski, T. (2018). Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination – A review. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(6), 2395–2420.

Liu, W. H., Zhao, J. Z., Ouyang, Z. Y., Söderlund, L., & Liu, G. H. (2005). Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. *Environment International*, 31(6), 805–812.

Mosavi, R., Ebrahimi, M., & Pourkarimi, S. (2015). Environmental impacts of cement dust on soil and plant species in the vicinity of a cement factory in Iran. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 12(1), 52–59.

Nazari, M. N. (2025). *Sampling map designed using ArcGIS 10.5*. (Unpublished map). University of Balkh.

Rai, P. K. (2011). Heavy metal pollution in aquatic ecosystems and its phytoremediation using wetland plants: An eco-sustainable approach. *International Journal of Phytoremediation*, 13(6), 597–610.

Rajabi, M., & Souri, B. (2015). Spatial distribution of heavy metals in soil and vegetation near a cement factory in western Iran. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 2(4), 193–198.

Sadegh, N., Rezaei, M. R., & Sayadi, M. H. (2018). Assessment of heavy metal contamination of lead, chromium, and cadmium under the influence of land use type in soil and saffron plants (Case study: Ferdows). *Journal of Saffron Research* (Biannual), 7(1), 1–12. (In Persian).

Sadeghiravesh, M., & Khorasani, N. (2009). Impact of cement dust on soil and plant species in vicinity of a cement factory. *Journal of Environmental Studies*, 35(1), 43–52.

Saeb, M., Shokri, M., & Alavi, M. (2015). Effects of heavy metals on soil microbial activity and composition in industrial regions. *Journal of Environmental Biology*, 36(2), 435–440.

Stafilov, T., Šajn, R., Alijagić, J., Balabanova, B., & Tănăselia, C. (2010). Soil contamination with heavy metals in the Republic of Macedonia. *Geochemistry International*, 48(7), 662–672.

Stockman, L., Rugg, J., & Fowler, D. (2014). The global threat of soil degradation. *Environmental Earth Sciences*, 72(2), 267–276.

Yahya, M. S., Al-Jebory, K. M., & Alwan, S. H. (2013). Effect of cement dust pollution on heavy metal accumulation in soils and plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(4), 843–852.

Zelege, T., Ayenew, T., & Megersa, N. (2010). Assessment of cement dust deposit and its effect on the environment: The case of Mughher cement

factory. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 3(2), 17–25.

Zhang, C., Liu, X., Wang, H., & Wang, Y. (2018). Spatial and temporal variation of heavy metal pollution in urban soils of Beijing. *Science of the Total Environment*, 631–632, 101–108



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol. 1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

Effect of Irrigation Schedule on the development of charcoal rot of maize under artificial inoculation conditions

1. Khalilullah Ahmadi¹

Senior Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Balkh University

2. Harleen Kaur

Principal Pathologist (Maize) PAU, Ludhiana, India

3. Amruddin Fakhri

Associate Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University

4. Mohammad Yousuf Fakoor

Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University

5. Nasratullah Habibi

Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University

Received: 26/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

This experiment was conducted in Field Experimental Area, Maize Section, Department of Plant Breeding and Genetics, Punjab Agriculture University (PAU), Ludhiana during spring seasons 2018 and 2019 to investigate the Effect of irrigation schedules on the development of charcoal rot of maize under artificial inoculation conditions. In this experiment, PMH 10 hybrid was sown in three replications. Three Irrigation schedules were used. Level I=Excess irrigation (additional irrigation at tasseling and silking stage), Level II = Local practice, Level III = Stress at tasseling and silking stage, with randomized block design. Results showed that minimum mean disease severity (36.28%) and maximum mean grain yield (72.61q/ha) was recorded in irrigation schedule level I (additional irrigation at tasseling and silking stage) followed by irrigation schedule level II (Local practices). Maximum mean disease

¹. Email: khalilullah7864@gmail.com

severity (50.81 %) and minimum mean grain yield (60.25 q/ha) was recorded in irrigation schedule level III (Stress at tasseling and silking stage). Hence, water stress at tasseling stage aggravated the disease severity, resulting in reduction in grain yield.

Keywords: charcoal rot, disease severity, irrigation, maize.

1. Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is an important cereal crop and an ideal forage crop. It is grown under a wide range of climatic conditions, throughout the world. Maize ranked fifth in area and fourth in production among the major cereals in India. It has production of 27.15 million metric tons and occupied an area of about 9.60 million hectares with average productivity of 2.83 metric tons per hectare during 2017-18 (Anonymous, 2018a).

Maize is vulnerable to about 112 diseases, it is estimated that the annual losses due to maize diseases are to be 14 per cent in West Africa, 4 per cent in Northern Europe, 12 per cent in Asia and 9.4 per cent worldwide (Oerke, 2005 and Mahuku, 2010). In India, 29 diseases are reported on maize caused by fungi, bacteria and viruses. Leaf blight, downy mildews, stalk rots and rusts are the serious diseases. Among these, post flowering stalk rots (PFSR) caused by different pathogens is a serious biotic constraint. This disease (PFSR) is a complex disease caused by *Fusarium verticillioides*, *Macrophomina phaseolina* and *Cephalosporium maydis* (Khokhar et al., 2014 and Kaur et al., 2012). Out of these, in the drier region of India, *Macrophomina phaseolina* causing charcoal rot is a major constraint, and it is estimated, that can reduce yield up to the tune of 63.5 per cent (Desai and Hegde 1991).

Recently Costa et al., (2019) conducted a study to assess yield losses due to post flowering stalk rot and identification of the main fungal pathogen responsible for the disease in maize hybrids, during the off season in Brazil. They have found that the most common pathogens were: *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium graminearum* and *Stenocarpella maydis*. According to them there were average losses of 30.6 per cent in 2015 and 34.4 per cent in 2016 so, all yield parameters were significantly lower in post flowering stalk rot-infected plants and observed the highest yield losses in hybrids with the highest grain/ear weight ratio.

Macrophomina phaseolina is a very important soil borne fungus and can survive for 18 months as sclerotia in maize stalk residues (Sen and Bandopadhyaya 1988). Low soil moisture and high temperature are the favorable conditions for colonization of this fungus on host tissue (Dhingra

Effect of Irrigation Schedule on the development ...

and Sinclair 1974). It is reported that the growth and survival of the pathogen increase with Low soil moisture (Short et al., 1980 and Mulrooney 1988). Severity of charcoal rot is more when soil moisture is limiting, and when air and soil temperatures are high (Gary et al., 1991 and Pearson et al., 1984).

The scarcity of water particularly after flowering stage of the crop, Leads more damage. Grain yield is reduce directly by affecting various physiological pathways of plant resulting in pre-mature lodging (Ledencan *et al.*, 2003). Drought and high plant density coupled with insect or hail damage and heavy nitrogen fertilizer doses leads to post flowering stress thus promoting the disease development.

This experiment was conducted to evaluate the effect of water stress on the development of the disease during spring season. To find how water management can control the disease development.

2. Materials and methods

2.1. Raising of the crop: This experiment was conducted in Field Experimental Area, Maize Section, Department of Plant Breeding and Genetics, PAU, Ludhiana during spring seasons 2018 and 2019. In this experiment, PMH 10 hybrid was used and planting was done with plant to plant and row to row spacing of 20 cm and 60 cm respectively in three replications, the plot size was 4 m² (four rows of 2 meter each in one plot). Three Irrigation schedules were used.

- Level I = Excess irrigation (additional irrigation at tasseling and silking stage)
- Level II = Local practice (12-15 irrigations)
- Level III = Stress at tasseling and silking stage

With randomized block design during spring seasons 2018 and 2019. The sowing was done as per standard package of practices (Anonymous 2018b).

2.2. Mass culturing and inoculations: Freshly growing culture of *Macrophomina phaseolina* was mass multiplied on toothpicks (Hooda *et al.*, 2018). Inoculations were done at flowering stage of maize crop. By using toothpick inoculation technique, all the plants were inoculated (Jardine and Leslie 1992).

2.3. Data recording and analysis: Disease symptoms start appearing after about 2-3 days after inoculation in the inoculated plants. The plants were split open longitudinally to see the extent of the pith damage in form of

blackish discoloration. By using 1-9 rating scale given by Payak and Sharma (1983), the disease severity and intensity were recorded. Grain yield from each plot harvested was recorded. Average data were estimated on the basis of three replications. Data was subjected to two way analysis of variance (ANOVA).

3.Results

3.1.Pathogenicity test: The culture of *M. phaseolina*, isolated and purified from infected stalk of maize plant was tested for pathogenicity on maize hybrid PMH 2 under field condition during *Kharif* season 2017. The result revealed that after 3 to 4 days of inoculation, brownish lesion was observed around the inserted toothpicks. Data was recorded at the time of harvesting by splitting open the stalks longitudinally. Data revealed all inoculated plants were infected with charcoal rot disease and disease reaction was recorded.

3.2.Disease severity: Per cent disease severity of charcoal rot of maize hybrid at different irrigation schedules under artificial inoculation conditions during spring 2018 and 2019 seasons is depicted in Table 1. Statistically significant difference was observed between mean value of different levels of irrigation and different years and no significant interaction was observed between level of irrigation and years, depicting that effect of different levels of irrigation is independent of years. Disease severity was comparatively more in all the treatments during spring 2018 than spring 2019. Among the treatments, minimum mean disease severity of charcoal rot (36.28 %) was recorded in irrigation schedule level I followed by irrigation schedule level II (43.65 %). Maximum mean disease severity (50.81 %) was recorded on PMH 10 hybrid in irrigation schedule level III. Water stress at tasselling and silking stages of the crop aggravated the disease development.

Table 1 Per cent disease severity of charcoal rot of maize hybrid at different irrigation schedules under artificial inoculation conditions during spring seasons 2018 and 2019

Irrigation schedules	Per cent disease severity*		Mean
	2018	2019	
Level I	39.83	32.72	36.28 ^c
Level II	46.56	40.74	43.65 ^b
Level III	53.42	48.20	50.81 ^a
Mean	46.60 ^a	40.55 ^b	
			LSD
Irrigation level			3.01

Effect of Irrigation Schedule on the development ...

Year						2.46
Irrigation level x Year						NS

Mean of three replications

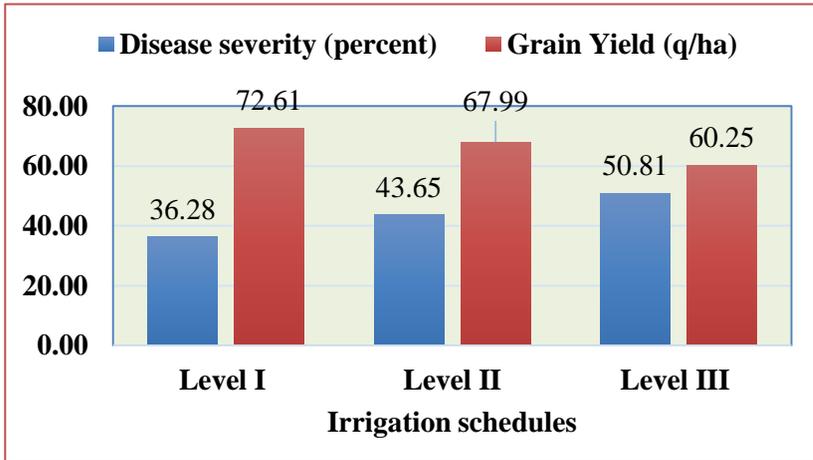
Grain yield: Grain yield of maize hybrid PMH 10 at different irrigation schedules under artificial inoculation of *M. phaseolina* during spring seasons 2018 and 2019 is depicted in Table 2. Statistically significant difference was observed between mean value of different levels of irrigation and different years, and no significant interaction was between levels of irrigation and years, depicting that effect of different levels of irrigation is independent of years. Mean grain yield were significant different during spring 2018 and 2019 seasons. Grain yield were comparatively less in spring 2018 than spring 2019. Maximum mean grain yield (72.61 q/ha) were recorded in irrigation schedule level I followed by irrigation schedule level II (67.99 q/ha). Minimum mean grain yield (60.25 q/ha) were obtained in irrigation schedule level III. Hence water stress at tasseling stage aggravated the disease severity, resulting in reduction in grain yield (Fig 1).

Table 2 Grain yield of maize hybrid PMH 10 at different irrigation schedules under artificial inoculation of *Macrophomina phaseolina* during spring 2018 and 2019

Irrigation schedule	Grain yield (q/ha)*		Mean
	2018	2019	
Level I	70.96	74.27	72.61 ^a
Level II	65.01	70.98	67.99 ^b
Level III	57.66	62.84	60.25 ^c
Mean	64.54 ^b	69.36 ^a	
			LSD
Irrigation level			3.06
Year			2.50
Irrigation level x Year			NS

Mean of three replications

Figure 1 Effect of different irrigation schedules on mean disease severity of charcoal rot and grain yield of maize hybrid under artificial inoculation condition during both the spring seasons 2018 and 2019



4. Discussion

Diourte et al., (1995) studied the effect of water stress on the development of charcoal rot in sorghum. They found that the plant which were subjected to water stress showed greater development of charcoal rot symptoms than those not subjected to water stress. Kendig *et al.*, (2000) studied microsclerotia density of the pathogen *M. phaseolina* on soybean at four irrigation schedules (full season irrigation, irrigation after flowering, irrigation until flowering, and not at all) and concluded that the microsclerotia densities reached maximum (2.35 microsclerotia / gm dry root) in non-irrigated fields and minimum (1.35 microsclerotia / gm dry root) in full-season irrigated field. These result indicated that water management can limit the colonization of soybean by *M. phaseolina*. However in above mentioned two researches regarding charcoal rot disease, the hosts are different but the results are in accordance to our findings in case of maize. Nischwitz *et al.*, (2004) studied the incidence of charcoal rot of melon under three types of irrigation *viz.* subsurface drip with plastic mulch, furrow irrigations and subsurface drip without plastic mulch. They found that in the furrow-irrigated field the inoculum density were significantly lower at all three depths compared to other types of irrigation. They suggest according to differences in inoculum densities of *M. phaseolina* that drip irrigation contribute to higher disease incidence.

Arora and Pareek (2013) studied the severity of charcoal rot of sorghum at different soil moisture levels, under artificial inoculation conditions and reported that the average disease rating decreased with increasing soil moisture level from 40 to 100 per cent. Thus, soil moisture is one of important factor for development of the disease. Recently, Khokhar *et al.*,

Effect of Irrigation Schedule on the development ...

(2014) studied the effect of water stress on the incidence of post flowering stalk rot on maize. Their investigations revealed that application of two additional irrigations at tasselling and silking stages reduced the disease severity from 60.37 to 15.03 per cent. They further found that with additional irrigation at tasseling and silking reduced inoculum density of *Fusarium verticillioides* from 15.9 to 7.1 and disease rating from 7.3 to 3.2 and increased grain yield from 0.93 to 1.45 kg/10 plants. Thus, it indicated the necessity of water stress at these stages for development of post flowering stalk rot of maize. These findings are in accordance with our results that disease severity of maize decreased with excess irrigation at time of tasseling.

5. Conclusions

The present investigation entitled “Effect of Irrigation Schedule on the development of charcoal rot of maize under artificial inoculation conditions” as part of etiology of the disease, was carried out in the Department of Plant Breeding and Genetics, Punjab Agricultural University, Ludhiana during 2017 to 2019.

Results on effect of three irrigation schedules on the development of charcoal rot of maize on PMH 10 hybrid during spring seasons 2018 and 2019 showed that minimum disease severity and maximum mean grain yield was recorded in irrigation schedule level I (additional irrigation at tasseling and silking stage) followed by irrigation schedule level II (Local practices). Maximum mean disease severity and minimum mean grain yield was recorded in irrigation schedule level III (Stress at tasseling and silking stage). Hence, water stress at tasseling stage aggravated the disease severity, resulting in reduction in grain yield. For controlling or minimizing this disease in arid or semi-arid region, properly and in timely irrigation especially at tasseling and silking stage of the crop is suggested.

Macrophomina phaseolina the causal agent of charcoal rot of maize is an important soil born fungus and due to its large host range and wide geographical distribution, *M. phaseolina* causes significant economic losses worldwide. On the other hand, chemical control is difficult and environmentally not save. Hence considering and conducting more researches on etiology of this disease on different hosts under different agro climatic conditions in the future is suggested.

6. References

- Anonymous (2018a) <http://www.pecad.fas.usda.gov/>.
- Anonymous (2018b) *Package of Practices for Rabi Crops*. Pp 77-81. Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- Anonymous (2019) *Package of Practices for Kharif Crops*. Pp 23-33. Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- Arora M and Pareek S (2013) Effect of soil moisture and temperature on the severity of charcoal rot of sorghum. *Indian J Sci Res* 4:155-58
- Costa R V, Simon J, Cota L V, Silva D D, Almeida R E M, Lanza F E, Lago B C, Pereira A A, Campos L J M and Figueiredo J E F (2019) Yield losses in off-season corn crop due to stalk rot disease. *Pesq Agropec Bras* 54: 283-86.
- Desai S and Hegde R K (1991) A preliminary survey of incidence of stalk rot complex of maize in two districts of Karnataka. *Indian Phytopathology* 43:575-76.
- Dhingra O D, and Sinclair J B (1974) Effect of soil moisture and carbon:nitrogen ratio on survival of *Macrophomina phaseolina* in soybean stems in soil. *Plant Dis Rep* 58:1034-37.
- Diourte M, Starr J L, Jeger M J, Stack J P and Rosenow D T (1995) Charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) resistance and the effects of stress on disease development in sorghum. *Plant Pathol* 44:196-202.
- Gary F A, Mihail J D, Lavigne R J and Porter P M (1991) Incidence of charcoal rot of sorghum and soil populations of *Macrophomina phaseolina* associated with sorghum and native vegetation in Somalia. *Mycopathologia* 114:145-51.
- Hooda K S, Bagaria P K, Khokhar M, Kaur H and Rakshit S (2018) Mass screening techniques for resistance to maize diseases. Pp 93. ICAR-Indian Institute of Maize Research, PAU Campus, Ludhiana.
- Jardine D J and Leslie J F (1992) Aggressiveness of *Gibberella fujikuroi* and *Fusarium moniliforme* isolates to grain sorghum under greenhouse conditions. *Plant Dis* 76: 897-900.
- Kaur S, Dhillon G S, Brar S K, Vallad G E, Chand R. and Chauhan V B (2012) Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: Biology, economic importance and current diagnostic trends. *Crit Rev Microbiol* 38: 136-51.
- Kendig S R, Rupe J C and Scott H D (2000) Effect of irrigation and soil water stress on densities of *Macrophomina phaseolina* in soil and roots of two soybean cultivars. *Plant Dis* 84:895-900.

Effect of Irrigation Schedule on the development ...

Khokhar M K, Sharma S S and Gupta R (2014) Influence of sowing dates on incidence and severity of post flowering stalk rot of maize caused by *Fusarium verticillioides*. *J Mycol Pl Pathol* 44: 205-08.

Ledencan T, Simic D, Brkic I, Jambrovic A and Zdunic Z (2003) Resistance of maize inbreds and, their hybrids to Fusarium stalk rot. *Czech J Genet Pl Breed* 39:15-20.

Mahuku G (2010) Maize pathology in Asia: opportunities and challenges for breeding disease-resistant maize. In: Zaidi P H, Azrai M, Pixley K (ed), *Maize for Asia: Emerging Trends and Technologies*. pp 361–66. Proc. Of the 10th Asian Regional Maize Workshop. Makassar, Indonesia.

Mulrooney R P (1988) Soybean disease loss estimate for southern United States in 1987. *Plant Dis* 72:915.

Nischwitz C, Olsen M, and Rasmussen S (2004) Effect of irrigation type on inoculum density of *Macrophomina phaseolina* in melon fields in Arizona. *J Phytopathol* 152:133-37.

Oerke E C (2005) Crop losses to pests. *J Agric Sci* 144: 31- 43.

Payak M M and Sharma R C (1983) Disease rating scales in maize in India. In: *Techniques of Scoring for Resistance to Diseases of Maize in India*. Pp 1-4. All India Coordinated Maize Improvement Project, IARI, New Delhi.

Pearson C A S, Schwenk F W, Crowe F J and Kelley K (1984) Colonization of soybean roots by *Macrophomina phaseolina*. *Plant Dis* 68:1086-88.

Sen C and Bandyopadhyay S (1988) Some aspects of ecological behavior, disease development and biological inoculum of *Macrophomina phaseolina*. Pp 418-43. Malhotra Publishing House, New Delhi.

Short G E, Wyllie T D and Bristow P R (1980) Survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and residue of soybean. *Phytopathology* 70:13–17.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol. 1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

Investigation of Structural, Electronic, and Magnetic Properties of Aluminum nitride Monolayer Doped with Rb and Cs

1. Bashir Ahmad Niazi¹ 
Senior Teaching Assistant, Faculty of Science, Balkh University
2. Sayed Emaduddin Mansor 
Teaching Assistant, Faculty of Education, Takhar University

Received: 26/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

Spintronics is the study of electron spin in electronics, fundamentally different from conventional charge-based electronics. In it, in addition to the charge of the electron, spin is also use as an additional degree of freedom. This means that a larger amount of data can be stored or transmitted. This research, conducted in 2020 in a laboratory at Kharazmi University in Tehran, examines the spintronic applications of a single layer of aluminum nitride (AlN) doped with rubidium (Rb) and cesium (Cs). Today, aluminum nitride (AlN) has gained attention as a viable material for spintronic applications due to its suitable electrical and thermal properties. Doping this material with Rb and Cs can lead to changes in its electrical and magnetic properties, thereby providing new capabilities in the fields of magnetic memory, sensors, and spintronic transistors. Initially, two-dimensional AlN monolayers were simulate, and in the next phase, a doped layer with rubidium and cesium was create at a concentration of 6.25 percent and examined. Using this method, the structural, electrical, and

¹. Email: bashirahmadniazii2020@gmail.com

magnetic properties of the doped AlN layers were obtained, along with the effects of various concentrations of Rb and Cs on their spin behavior.

The results indicate that this combination could enhance the performance of spintronic devices and contribute to the development of new technologies, particularly in the fabrication of high-speed non-volatile magnetic memories (permanent memories).

Keywords: Aluminum Nitride, Cesium, Doping, Rubidium and Spintronics

1. Introduction:

In the coming decades, rapid advancements in information and communication technologies have transformed information production and the scale of social networks. The persistent demand for acquiring and storing information has led to the development of high-performance computers and mobile devices, resulting in the access to and storage of massive data (Fong et al, 2012). Nanomagnetism and spintronics represent a rapidly expanding and increasingly important research field, with many of its applications already available in the market, and many others expected to enter the market in the near future (Zutic et al, 2006). This field emerged in the mid-1980s with the discovery of the giant magnetoresistance (GMR) effect, which marked the origin of spintronics (Li & Yang, 2016), which involves the use of the electron spin degree of freedom for transmitting, storing, or reading information, is of great significance, and currently, extensive research is being conducted on various aspects of this technology (Žutić et al, 2004). Published articles from 2009 to 2018 related to spintronics show that the amount of research in this field has steadily increased over these years (Paquin et al, 2015). In recent years, two-dimensional (2D) materials have received extensive attention because of their fascinating optical, mechanical, electronic, and magnetic properties and potential for multifunctional applications (Cui et al, 2018).

In this article, we aim to investigate the possibility of half-metallic behavior in some two-dimensional materials using the (DFT) density functional theory (Cui et al, 2018). Following the discovery of graphene, research on two-dimensional materials has intensified significantly, and some of these materials, due to their exceptional properties and atomic-scale thin structures, have been recognized as potential candidates for

spintronic applications. However, to use some of these materials in spintronics, modifications are required in other words; these materials need to be engineered (Xia et al, 2012). One of the methods for such modification is doping of the two-dimensional material.

Specifically, in this work, we aim to examine the effect of doping with rubidium and cesium atoms on the electronic and magnetic properties of AlN monolayers. For this purpose, we will utilize the density functional theory. The structure of this article is such that we will first briefly discuss spintronic, half-metals, and the applications of two-dimensional materials in spintronic technologies (Zhang & Hou, 2024). Finally, we will analyze the electronic and magnetic properties of AlN monolayers doped with rubidium and cesium. Most existing two-dimensional materials are non-magnetic semiconductors and thus are not directly applicable in spintronic. However, by adding different dopants, the properties of these materials can be effectively modified for spintronic applications (Han et al, 2017).

Group III nitrides such as boron nitride (BN), aluminum nitride (AlN), and gallium nitride (GaN) are among the compounds that exhibit diverse electronic, magnetic, and optical properties in both two-dimensional and three-dimensional forms (Bhatti et al, 2017). AlN was first synthesized in 1877, but it was not until 1980 that its significant potential for microelectronic applications was recognized, after which it entered the market as a valuable commercial material. Due to its high thermal conductivity and electrical insulation, AlN is used in microelectronic industries. Other applications include its use in military and aerospace industries, as well as in the ceramics industry for producing high-melting-point ceramics and refractory bricks. Therefore, research on these materials and their doping can have numerous applications (Chen et al, 2016).

One of the important goals and challenges in nano-spintronic devices may be the generation of spin-polarized currents. It seems that the use of semimetals is among the reliable methods for producing spin-polarized currents. These materials exhibit different electronic behaviors for spin-up and spin-down states, such that one spin channel shows metallic behavior while the other behaves like a semiconductor (Dean et al, 2010).

2. Materials and Methods

The results of the investigations show that the stable structure of monolayer aluminum nitride (AlN) is free of buckling (Ghasemzadeh & Kanjouri, 2018). Figure 1 illustrates the stable crystal structure of two-dimensional AlN monolayers, which was simulated using Win2k. As mentioned, a 4×4 supercell was used for the calculations. In fact, this structure is of the honeycomb lattice type, and from the crystallographic point of view, its unit cell is a simple hexagonal lattice with a two-atom basis. The lattice constant of this structure in the stable state is 3.10 \AA (Dean et al, 2010).

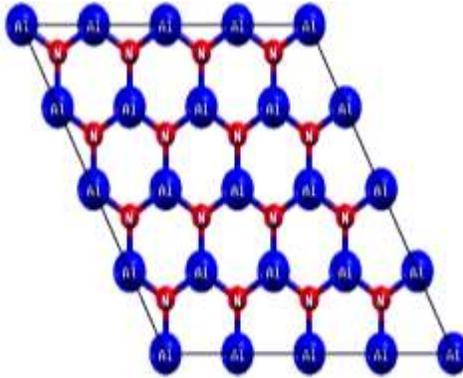


Figure 1: 4×4 supercell of two-dimensional AlN monolayer using the WINN2k simulation package.

To investigate the electronic properties, the density of states (DOS) plot is shown in Figure 2. In this plot, positive values correspond to the spin-up DOS and negative values correspond to the spin-down DOS. As observed, there is complete symmetry between the spin-up and spin-down states, indicating that the monolayer is non-magnetic in its pristine (undoped) state (Wolf et al, 2006). Additionally, the Fermi level lies within the band gap; hence, this sample behaves as a semiconductor. The magnetic moment of the compound is also, as expected; zero (Bai et al, 2015).

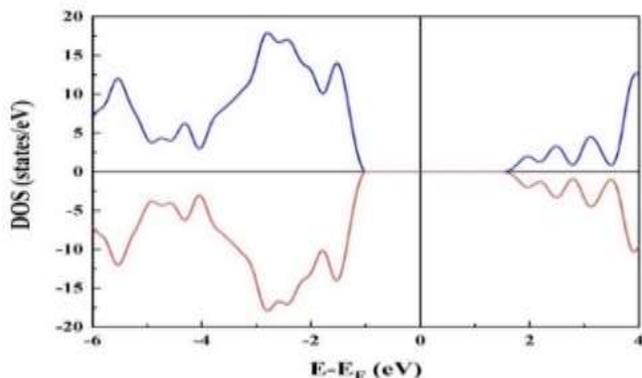


Figure 2: Density of states (DOS) plot of two-dimensional AlN monolayers. Positive values correspond to the DOS of spin-up electrons, and negative values correspond to the DOS of spin-down electrons. Using DFT calculations within the Quantum ESOERSSO simulation package.

Now, we proceed to simulate the two-dimensional AlN monolayer doped with Rb and Cs elements. Two supercells were constructed for this purpose, similar to Figure 1, with the difference that in each, one aluminum atom is substituted once by a rubidium atom and once by a cesium atom. Figure 3 shows these two supercells. To find the stable structures of the doped compounds, full atomic relaxation was performed in all three directions: x , y , and z . Figure 4 shows these supercells after relaxation (Gallagher & Parkin, 2006). The largest changes in atomic coordinates occur around the impurity atom; however, from the figures, it appears that atoms at the supercell boundaries have also undergone significant changes. In reality, this is not the case, and the changes at the boundaries are minimal. The apparent changes occur because atoms have moved into adjacent cells. To demonstrate this, Figures 5 and 6 respectively show the arrangement of several supercells side by side for the rubidium- and cesium-doped samples, clearly indicating that the greatest changes in atomic coordinates are around the impurity atom.

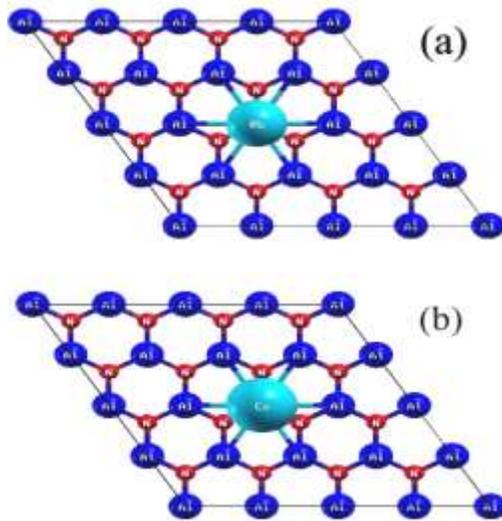


Figure 3: Doped supercells with (a) rubidium, (b) cesium before relaxation using the WINN2k simulation package.

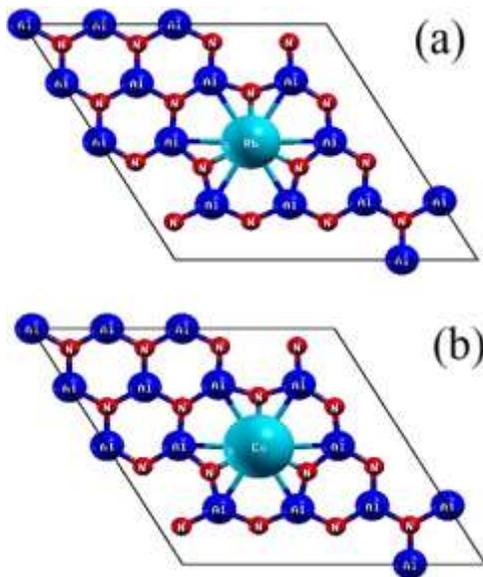


Figure 4: Doped supercells with (a) rubidium, (b) cesium after relaxation Using the WINN2k simulation package.

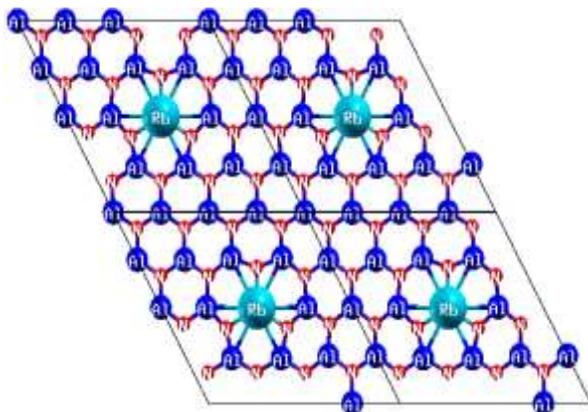


Figure 5: Arrangement of several supercells side by side for the rubidium-doped sample using the WINN2k simulation package.

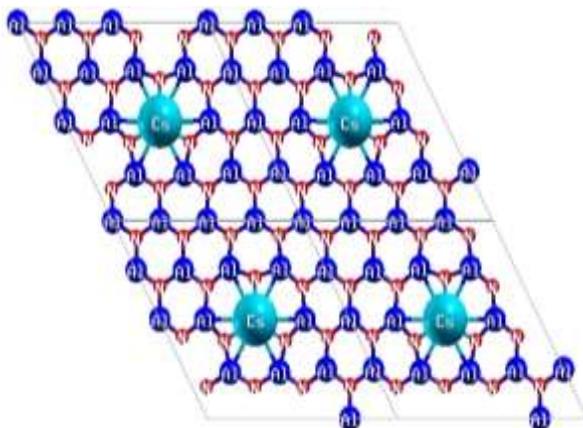


Figure 6: Arrangement of several supercells side by side for the cesium-doped sample using the WINN2k simulation package.

3. Results and Discussion

The analysis reveals that the incorporation of impurity atoms does not induce buckling in the two-dimensional AlN monolayer; structural distortions are confined primarily to the local atomic environment around the dopants. Tables 1 and 2 present the bond lengths surrounding the impurity atoms for the rubidium- and cesium-doped systems, respectively, both prior to and following atomic relaxation. It is evident that the bond lengths between the dopant atoms and adjacent atoms increase after relaxation. This elongation can be attributed to the initial overlap and

repulsion of electron clouds before structural optimization. The most pronounced variation in bond length occurs between the impurities atoms and the neighboring nitrogen atoms, which is consistent with the relatively shorter distance between nitrogen and rubidium or cesium atoms compared to aluminum. Consequently, this elongation of the N–Rb and N–Cs bonds leads to a reduction in the Al–N bond lengths in both doped configurations.

Table 1: Bond lengths around the impurity atom for the rubidium-doped sample. Values are given in angstroms (Å).

Bond type	Rb-N	Rb-Al	Al-N
Before relaxation	1.7898	3.1000	1.7898
After relaxation	2.2778	3.2473	1.7300

Table 2: Bond lengths around the impurity atom for the cesium-doped sample. Values are expressed in angstroms (Å).

Bond type	Cs-N	Cs-Al	Al-N
Before relaxation	1.7898	3.1000	1.7898
After relaxation	2.2938	3.2578	1.7290

After relaxation, the electronic and magnetic properties were examined. Figures 7 and 8 show the density of states (DOS) plots for the monolayers doped with rubidium and cesium, respectively. Comparing these figures with the DOS of the pristine two-dimensional material (Figure 2) reveals that doping breaks the symmetry between the spin-up and spin-down states. Therefore, the magnetic moment is no longer zero, and calculations show that the magnetic moment is equal to ($2m_B$). For the rubidium-doped monolayers, the Fermi level lies within the band gap, indicating that this material is a magnetic semiconductor. However, for the cesium-doped sample, the Fermi level for spin-up lies within the gap, while for spin-down it lies in the conduction band. Consequently, both materials, especially the cesium-doped two-dimensional material, are capable of producing fully spin-polarized currents, and thus can be utilize as spin filters for applications in spintronic devices.

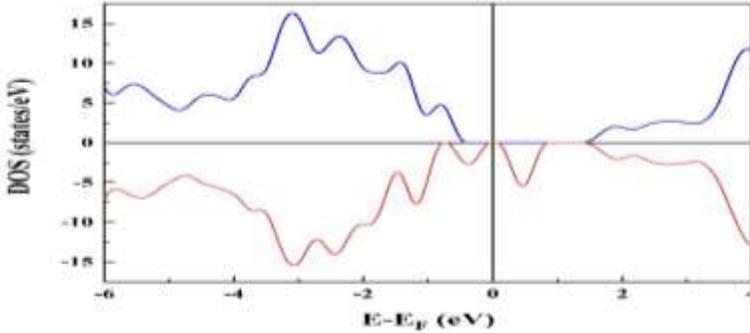


Figure 7: Density of states (DOS) plot of the AlN monolayer doped with rubidium. Using DFT calculations within the Quantum ESOERSSO simulation package.

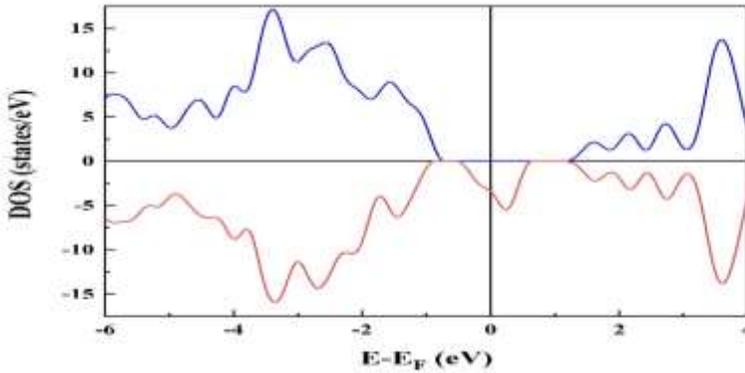


Figure 8: Density of states (DOS) plot of the AlN monolayer doped with Cesium. Using DFT calculations within the Quantum ESOERSSO simulation package.

Tables 3 and 4 respectively present the values of magnetic moment and electric charge of each atom in the compound. Considering the fact that the electronegativity of nitrogen is higher than that of the metallic elements, it appears that the electric charge has been transferred to the nitrogen atoms. Moreover, based on Table 4, the total magnetic moment mainly originates from the nitrogen atoms surrounding the impurity atom, and to some extent from the impurity atom itself. The magnetic moment of the aluminum atoms is negligible, and the magnetic coupling between aluminum atoms and other atoms is antiferromagnetic. The total magnetic moment of the cesium-doped compound is equal to $2m_B$, which is expected, since the magnetic moment of a half-metal must be an integer multiple of the Bohr magneton.

Table 3: The values of atomic electric charge in Rb- and Cs-doped samples.

Aluminum	Nitrogen	Impurity Atom	Compound Atom Type
1,8432	5,9802	8,0543	Doped with Rb
1,7490	5,7032	1,5611	Doped with Cs

Table 4: Magnetic moment values of atoms in Rb- and Cs-doped samples. The unit of the values is Bohr magneton(μ_B).

Doping Type	Aluminum	Nitrogen	Impurity Atom	Total
Rb-doped	-0.0117	0.5699	0.1282	2
Cs-doped	-0.0111	0.5810	0.0850	2

4. Conclusion

The origin of the magnetic moment is the presence of holes. Specifically, the impurity atom, which has one valence electron, substitutes an aluminum atom that has three valence electrons. In the pristine state, each nitrogen atom becomes an anion N^{-3} by accepting valence electrons from aluminum, meaning all its 2p orbitals are fully occupied and all spins are paired. Therefore, the three nearest aluminum neighbors collectively have 18 electrons. However, when an impurity atom replaces an aluminum atom, the three surrounding nitrogen atoms collectively have 16 electrons. This implies that doping introduces two holes in the nitrogen 2p orbitals, which leads to the emergence of $2m_B$ magnetic moment.

As mentioned, the cesium-doped two-dimensional layer exhibits half-metallic behavior. According to the above discussion, it is observed that the largest contribution to the density of states at the Fermi level comes from the nitrogen 2p orbitals, with a smaller contribution from the aluminum 3p orbitals and the cesium 6p and 5d orbitals. In fact, the three narrow bands crossing the Fermi level in the band structure diagram for the spin-up states correspond to the three nitrogen 2p orbitals. This is consistent with the magnetic moment values shown in Table 4, where the majority of the magnetic moment originates from the nitrogen atoms. Based on this diagram, we conclude that the largest contribution to the magnetic moment of the compound specifically arises from the nitrogen 2p orbitals. The strong hybridization of the nitrogen p orbitals surrounding the impurity leads to p-p exchange interactions among the nitrogen atoms, which causes

a shift of the spin-up and spin-down states relative to each other. Consequently, the Fermi level lies within the gap for spin-up states and within the conduction band for spin-down states.

Spintronic devices have introduced new functionalities by utilizing magnetic materials and magnetic fields or the absence there of in more stable memories, as well as in logic devices and magnetic sensors. Spintronic components operate based on a simple concept: first, information is stored as a specific spin orientation (up or down); then, these spins are couple to moving electrons, and finally, the spin information is read out.

5. Reference

Bhatti, S., Sbiaa, R., Hirohata, A., Ohno, H., Fukami, S., & Piramanayagam, S. N. (2017). Spintronics based random access memory: a review. *Materials today*, 20(9), 530-548.

Bai, Y., Deng, K., & Kan, E. (2015). Electronic and magnetic properties of an AlN monolayer doped with first-row elements: a first-principles study. *RSC Advances*, 5(24), 18352-18358.

Chen, G. X., Wang, D. D., Wen, J. Q., Yang, A. P., & Zhang, J. M. (2016). Structural, electronic, and magnetic properties of 3d transition metal doped GaN nanosheet: A first-principles study. *International Journal of Quantum Chemistry*, 116(13), 1000–1005. <https://doi.org/10.1002/qua.25118>

Cui, Z., Wang, X., Li, E., Ding, Y., Sun, C., & Sun, M. (2018). Alkali-metal-adsorbed g-GaN monolayer: ultralow work functions and optical properties. *Nanoscale Research Letters*, 13. <https://doi.org/10.1186/s11671-018-2625-z>

Dean, C. R., Young, A. F., Meric, I., Lee, C., Wang, L., Sorgenfrei, S., ... & Hone, J. (2010). Boron nitride substrates for high-quality graphene electronics. *Nature nanotechnology*, 5(10), 722-726.

Fong, C. Y., Shaughnessy, M., Damewood, L., & Yang, L. H. (2012). Theory, experiment and computation of half metals for spintronics: recent progress in Si-based materials. *Nanoscale Systems: Mathematical Modeling, Theory and Applications*, 1, 1-22.

Ghasemzadeh, F., & Kanjouri, F. (2018). Strain effect on the electronic properties of III-nitride nanosheets: Ab-initio study. *Science China Technological Sciences*, 61(4), 535–541. <https://doi.org/10.1007/s11431-017-9177-1>

Gallagher, W. J., & Parkin, S. S. (2006). Development of the magnetic tunnel junction MRAM at IBM: From first junctions to a 16-Mb MRAM demonstrator chip. *IBM Journal of Research and Development*, 50(1), 5-23.

Han, R., Chen, X., & Yan, Y. (2017). Magnetic properties of AlN monolayer doped with group 1A or 2A nonmagnetic element: First-principles study. *Chinese Physics B*, 26(9). <https://doi.org/10.1088/1674-1056/26/9/097503>

Li, X., & Yang, J. (2016). First principles design of spintronics materials.

Paquin, F., Rivnay, J., Salleo, A., Stingelin, N., & Silva, C. (2015). Electrical Spin Injection and Transport in Semiconductor Nanowires: Challenges, Progress and Perspectives. *J. Mater. Chem. C*, 3, 10715–10722. <https://doi.org/10.1039/b000000x>

Wolf, S. A., Chtchelkanova, A. Y., & Treger, D. M. (2006). Spintronics—A retrospective and perspective. *IBM journal of research and development*, 50(1), 101-110.

Xia, J. B., Ge, W., & Chang, K. (2012). *Semiconductor spintronics*. World Scientific.

Zutic, I., Fabian, J., & Erwin, S. C. (2006). Bipolar spintronics: Fundamentals and applications. *IBM journal of research and development*, 50(1), 121-139.

Zutić, I., Fabian, J., & Sarma, S. D. (2004). Spintronics: Fundamentals and applications. *Reviews of modern physics*, 76(2), 323.

Zhang, Y., & Hou, Q. (2024). Alkaline earth metal-doped monolayer AlN: A DFT study of photocatalytic and magnetic properties. *Vacuum*, 228, 113520.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol. 1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

Investigation of the prevalence of coccidiosis in broiler chicken farms in Mazar-e-sharif city

1. Amanullah Monis¹ 

Professor, Faculty of Veterinary Science, Balkh University

2. Hassanali Moradi 

Senior Teaching Assistant, Faculty of Veterinary Science, Balkh University

3. Zbihullah Fasihi 

Senior Teaching Assistant, Faculty of Veterinary Science, Kunduz University

4. Khalil Razavi 

Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Baghlan University

Received: 25/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

Coccidiosis is a major parasitic disease affecting poultry production worldwide and has been reported in most countries with varying prevalence rates. This disease is caused by various species of Eimeria parasites, which primarily damage different parts of the chicken's intestines. This study aimed to assess the prevalence of coccidiosis in poultry farms located in Mazar-e-Sharif, Afghanistan. A total of 18 poultry farms were examined through clinical observation and laboratory diagnosis. The results revealed that 16.4% of the farms had chickens infected with coccidiosis, indicating a relatively low of infection in the region. Chickens between 2 to 8 weeks of age exhibited the highest infection rates. Seasonally, the highest

¹. Email: Amanullah.monis786@ba.edu.af

prevalence was recorded during winter (40.7%), while the lowest was observed in summer (11%) And male chickens showed more contamination than female. These findings highlight that need for improved management and preventive measures to control the spread of coccidiosis in local poultry production systems.

Keywords: broiler chicken, coccidiosis, Mazar-e-sharif, parasitic disease

1. Introduction

Worldwide, poultry is the main source of animal protein (Nkukwana, 2018; Govoni et al., 2021). There will likely be nine billion people on the planet by 2050, producing safe and sustainable protein is of utmost importance (Tripathi et al., 2019). Because birds are housed together in huge numbers and at high stocking densities in intensive systems, stress levels and illness prevalence are higher (Ahmad et al., 2022). Thus, any illness that reduces the efficiency of the previously indicated production mechanism could endanger the whole food chain (Aganovic et al., 2021). Numerous parasite infections, also known as "hidden foes" impact the chicken industry and have the ability to cause long-term losses without exhibiting obvious clinical symptoms (Blake et al., 2020).

Coccidiosis is a parasite disease that affects hens and the annual expenditures of coccidiosis are estimated to be around USD 127 million in the United States and 73 million in China (Geng et al., 2021; Lahlou et al., 2021). The most significant of *Eimeria* species linked to coccidiosis in chickens is *E. tenella*, which is seen in broilers. *E. mitis*, *E. maxima*, *E. necatrix*, *E. praecox*, *E. acervuline*, *E. brunitti*, *E. maxima*, *E. praecox*, and *E. necatrix* are the others. Regarding pathogenicity, they are all distinct, and they all affect various intestinal segments (Kers et al., 2018). *Eimeria* infections, which infiltrate and multiply within intestinal epithelial cells, can lower productivity and jeopardize the welfare of chickens in layer and broiler systems, necessitating comparatively expensive therapies. It is estimated that the annual cost of these interventions plus infection-related losses to the worldwide chicken business exceeds £2 billion (Dalloul and Lillehoj, 2006). The subclinical and clinical symptoms of coccidiosis are directly caused by the impairment of protein digestion and absorption caused by *Eimeria* infection.

Prevention of coccidiosis is crucial for fostering the poultry industry's significant expansion and safeguarding its revenue streams (Hamid et al., 2018; Yang et al., 2020). However, depending on the infecting *Eimeria*

species, dose schedule, and chicken breed, different numbers of parasites and infection rounds are needed to produce immunity that is adequate to prevent disease (Rose, 1963; Brake et al., 1997; Blake et al., 2005; Boulton et al., 2018). Immune defense against challenge infection with a heterologous species is minimal or nonexistent and even infection with a different strain of the same species can occasionally evade immune defense (Joyner, 1969; Blake et al., 2011).

As a result, even though live *Eimeria* oocyst vaccination is efficacious and has served as the foundation for live oral coccidiosis vaccines for nearly 70 years, chickens need to receive vaccinations with oocysts from every species of *Eimeria* to be completely protected. Since each vaccine line must be propagated independently in chickens under strict, pathogen-free conditions, the requirement that a live vaccine contain controlled doses of oocysts for all pathogenic species of *Eimeria*, and in some cases, multiple strains of *Eimeria maxima*, makes vaccine manufacture logistically challenging. Another crucial factor to take into account is that in order to produce levels of protective immunity adequate to shield chickens from pathogenic challenge by the majority of *Eimeria* species, fecal-oral recycling of vaccine parasites is necessary (Blake et al., 2017). However, controlling coccidiosis in poultry is relatively difficult, and the present study aimed to investigate the prevalence of coccidiosis in broiler chicken farms in Mazar-e-sharif Afghanistan.

2. Material and method

2.1. Study area

The study was conducted in Mazar-e-Sharif city (36°, 42′, 33″ N latitudes and 67°, 6′, 47″ E longitudes that is 357m [1171ft] above sea level) located in north area of Afghanistan (Fig 1).

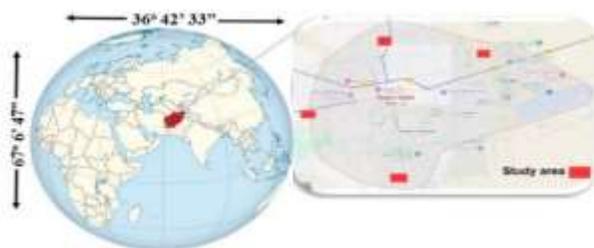


Figure 1: Map of Mazar-e-sharif, Balkh province, northern Afghanistan (Adapted from Haidary and Radzi 2024)

Sample size

From March to December 2017, 170 fecal samples were collected in four stages from 18 poultry farms in Mazar-e-Sharif (From Ali Abad, Dasht Shur, Baba Yadgar and Shadian). Both qualitative and quantitative fecal exams were performed as part of a cross-sectional investigation. Each chicken's feces were taken straight from the rectum, placed in plastic bottles, and taken to the parasitology laboratory for analysis. Age and sex were noted during the sampling process. Each chicken fecal sample's oocysts were identified using the flotation technique with a saturated sodium chloride solution. The McMaster counting approach was used to count the oocysts, and was expressed as per gram of faeces (MAFF, 1982; Conway and McKenzie, 2007).

3. Result

118 (16.4%) of the 720 chickens that were inspected tested positive for coccidian oocysts (Figure 2). The frequencies of infection in male and female hens were 19% and 13.7%, respectively and prevalence rates of 17.8% and 12.2% were noted in chickens classified as young (ages 2–8 weeks) and adult (ages >8 weeks), respectively (Table 1). Furthermore, the season played a significant role in the disease's propagation, with winter and fall seeing the highest infection rates (Table 2).

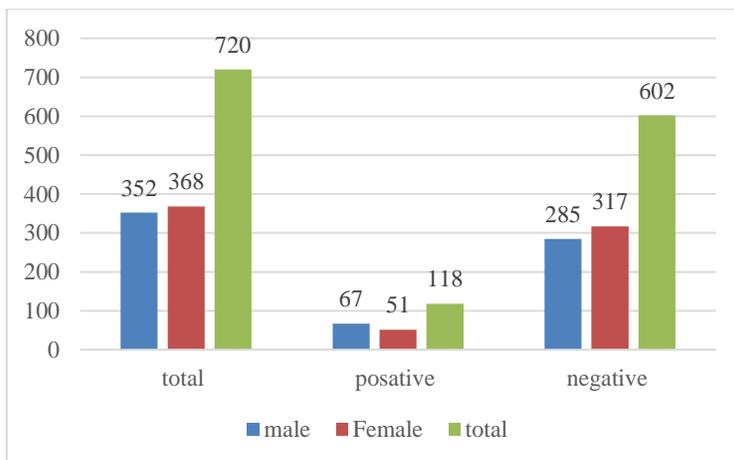


Figure 2: Infection rate by gender

Table 1: Prevalence of coccidiosis in poultry farms in Mazar-e-Sharif by sex and age

Parameters	Positive (%)	Negative (%)	Total
Male	67(19)	285(81)	352
Female	51(13.86)	317(86.1)	368
Total	118(16.4)	602(83.6)	720
Yang (ages 2-8 weeks)	96(17.8)	444(82.2)	540
Adult (ages >8weeks)	22(12.2)	158(87.8)	180
Total	118(16.4)	602(83.6)	720

Table 2: Prevalence of coccidiosis in poultry farms in Mazar-e-Sharif by

	Seasons			
	Spring (%)	Summer (%)	Fall (%)	Winter (%)
Male	10(14.9)	6(9)	23(34.3)	28(41.8)
Female	9(17.6)	7(13.7)	15(29.4)	20(39.2)
Total	19(16.6)	13(11)	38(32.2)	48(40.7)

Seasons

4. Discussion

Coccidiosis prevalence was found to be 16.4%, which is low when compared to studies conducted in previous studies. The number of oocysts in positive samples ranged from 100 to 1,700. In previous studies, the infection rate was reported to be 92% in Romania (Györke et al., 2013), 31.7% and 39.6% in India (Sharma et al., 2013; Jadhav and Nikam, 2014), 20.6% and 70.9% in Ethiopia (Gari et al., 2008; Oljira et al., 2012), 52.9% in Nigeria (Muazu et al., 2008), 71.9% in Pakistan (Khan et al., 2006), 78% in Jordan (Al-Natour et al., 2002), 88.4% in Argentina (McDougald et al., 1997), and 54.3% in Turkey (Karaer et al., 2012). However, other investigations found a lower prevalence. The Sangary et al. study found that the prevalence of coccidiosis in Kabul broiler chickens was 8% (Sangary et al., 2024) also prevalence of coccidiosis in Brazilian was 5.5% (Gazoni et al., 2020).

Because of the full life cycle and the rise in oocyst consumption, it appears that there is a direct correlation between age and the prevalence rate of coccidiosis. According to Muazu et al., chickens of all ages are prone to illness, but usually resolves itself around 6–8 weeks of age (Muazu

et al., 2008). One of the main contributing factors to coccidiosis is age. Our study found that the age groups of 5-7 weeks had a greater rate of coccidiosis. This substantial link was consistent with findings from other researchers (Razmi and Kalideri, 2000; Muazu et al., 2008; Shirzad et al., 2011; Oljira et al., 2012).

This suggests that environmental conditions, such as humidity and temperature, play a significant role in the lifecycle of the coccidia parasites. In this study, the prevalence was higher in the wet season, as in a study in India; infection was reported to be 32% in the rainy season and 19.3% in the summer season (Khursheed et al., 2022).

5. Conclusions

Coccidiosis is a major parasitic disease affecting poultry, particularly chickens, and is characterized by intestinal damage that leads to significant mortality and substantial economic losses in poultry farms. The disease has a worldwide distribution and represents a potential threat to the poultry industry in Afghanistan, where it could compromise productivity and farm sustainability. Based on the findings of the present study, the prevalence of this disease in poultry farms in Mazar-e-Sharif is considered relatively low. Therefore, in order to improve farm management, more research is required, and appropriate control measures should be designed.

6. References

Aganovic, K., Hertel, C., Vogel, R. F., Johne, R., Schlüter, O., Schwarzenbolz, U. & Heinz, V. (2021). Aspects of high hydrostatic pressure food processing: Perspectives on technology and food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3225-3266.

Ahmad, R., Yu, Y. H., Hsiao, F. S. H., Su, C. H., Liu, H. C., Tobin, I & Cheng, Y. H. (2022). Influence of heat stress on poultry growth performance, intestinal inflammation, and immune function and potential mitigation by probiotics. *Animals*, 12(17), 2297.

Al-Natour, M. Q., Suleiman, M. M., & Abo-Shehada, M. N. (2002). Flock-level prevalence of *Eimeria* species among broiler chicks in northern Jordan. *Preventive veterinary medicine*, 53(4), 305-310.

Blake, D. P., Billington, K. J., Copestake, S. L., Oakes, R. D., Quail, M. A., Wan, K. L. & Smith, A. L. (2011). Genetic mapping identifies novel highly protective antigens for an apicomplexan parasite. *PLoS pathogens*, 7(2), e1001279.

Blake, D. P., Hesketh, P., Archer, A., Carroll, F., Shirley, M. W., & Smith, A. L. (2005). The influence of immunizing dose size and schedule on immunity to subsequent challenge with antigenically distinct strains of *Eimeria maxima*. *Avian pathology*, 34(6), 489-494.

Blake, D. P., Knox, J., Dehaeck, B., Huntington, B., Rathinam, T., Ravipati, V. & Tomley, F. M. (2020). Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens. *Veterinary research*, 51, 1-14.

Blake, D. P., Pastor-Fernández, I., Nolan, M. J., & Tomley, F. M. (2017). Recombinant anticoccidial vaccines-a cup half full?. *Infection, Genetics and Evolution*, 55, 358-365.

Boulton, K., Nolan, M. J., Wu, Z., Riggio, V., Matika, O., Harman, K. & Psifidi, A. (2018). Dissecting the genomic architecture of resistance to *Eimeria maxima* parasitism in the chicken. *Frontiers in genetics*, 9, 528.

Brake, D. A., Fedor, C. H., Werner, B. W., Miller, T. J., Taylor Jr, R. L., & Clare, R. A. (1997). Characterization of immune response to *Eimeria tenella* antigens in a natural immunity model with hosts which differ serologically at the B locus of the major histocompatibility complex. *Infection and immunity*, 65(4), 1204-1210.

Conway, D. P., & McKenzie, M. E. (2007). *Poultry coccidiosis: diagnostic and testing procedures*. John Wiley & Sons.

Dalloul, R. A., & Lillehoj, H. S. (2006). Poultry coccidiosis: recent advancements in control measures and vaccine development. *Expert review of vaccines*, 5(1), 143-163.

Gari, G., Tilahun, G., & Dorchie, P. H. (2008). Study on poultry coccidiosis in Tiyo district, Arsi Zone, Ethiopia. *International Journal of Poultry Science*, 7(3), 251-256.

Gazoni, F. L., Adorno, F. C., Matte, F., Alves, A. J., Campagnoni, I. D. P., Urbano, T., & da Silva, A. S. (2020). Correlation between intestinal health and coccidiosis prevalence in broilers in Brazilian agroindustries. *Parasitology International*, 76, 102027.

Geng, T., Ye, C., Lei, Z., Shen, B., Fang, R., Hu, M. & Zhou, Y. (2021). Prevalence of *Eimeria* parasites in the Hubei and Henan provinces of China. *Parasitology Research*, 120, 655-663.

Govoni, C., Chiarelli, D. D., Luciano, A., Ottoboni, M., Perpelek, S. N., Pinotti, L., & Rulli, M. C. (2021). Global assessment of natural resources for chicken production. *Advances in Water Resources*, 154, 103987.

Györke, A., Pop, L., & Cozma, V. (2013). Prevalence and distribution of *Eimeria* species in broiler chicken farms of different capacities. *Parasite*, 20, 50.

Haidary, M. H., & Radzi, R. (2024). Prevalence of non-digestible rumen foreign bodies in goats and sheep in Balkh abattoir, Northern Afghanistan. *Jurnal Veterinar Malaysia*, 1-6.

Hamid, P. H., Kristianingrum, Y. P., Wardhana, A. H., Prastowo, S., & Silva, L. M. R. D. (2018). Chicken coccidiosis in Central Java, Indonesia: A recent update. *Veterinary medicine international*, 2018(1), 8515812.

Jadhav, B. N., & Nikam, S. V. (2014). Study of seasonal incidence of chicken coccidiosis in Gangapur and Vaijapur Tehsil of Aurangabad District in Maharashtra. *International Journal of Applied Science-Research and Review*, 1(3), 93-97.

Joyner, L. P. (1969). Immunological variation between two strains of *Eimeria acervulina*. *Parasitology*, 59(3), 725-732.

Karaer, Z., Guven, E., Akcay, A., Kar, S., Nalbantoglu, S., & Cakmak, A. (2012). Prevalence of subclinical coccidiosis in broiler farms in Turkey. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 589-594.

Kers, J. G., Velkers, F. C., Fischer, E. A., Hermes, G. D., Stegeman, J. A., & Smidt, H. (2018). Host and environmental factors affecting the intestinal microbiota in chickens. *Frontiers in microbiology*, 9, 235.

Khan, M. Q., Irshad, H., Anjum, R., Jahangir, M., & Nasir, U. (2006). Eimeriosis in poultry of Rawalpindi/Islamabad area.

Khursheed, A., Yadav, A., Sofi, O. M. U. D., Kushwaha, A., Yadav, V., Rafiqi, S. I. & Katoch, R. (2022). Prevalence and molecular characterization of *Eimeria* species affecting backyard poultry of Jammu region, North India. *Tropical Animal Health and Production*, 54(5), 296.

Lahlou, R. A., Bounchada, M., Mohammedi, A., Silva, L. R., & Alves, G. (2021). Dietary use of *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris* as anticoccidial alternatives in poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 273, 114826.

MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), 1982. Manual of veterinary parasitological laboratory London: Her Majesty's stationary Office, pp: 71-73.

McDougald, L. R., Fuller, L., & Mattiello, R. (1997). A survey of coccidia on 43 poultry farms in Argentina. *Avian Diseases*, 923-929.

Muazu, A., Masdoq, A. A., Ngbede, J., Salihu, A. E., Haruna, G., Habu, A. K. & Jamilu, H. (2008). Prevalence and identification of species

of *Eimeria* causing coccidiosis in poultry within Vom, Plateau State, Nigeria. *International journal of Poultry Science*, 7(9), 917-918.

Nkukwana, T. T. (2018). Global poultry production: Current impact and outlook on the South African poultry industry. *South African Journal of Animal Science*, 48(5), 869-884.

Oljira, D., Melaku, A., & Bogale, B. (2012). Prevalence and risk factors of coccidiosis in poultry farms in and around Ambo Town, Western Ethiopia. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 7(4), 146-149.

Razmi, G. R., & Kalideri, G. A. (2000). Prevalence of subclinical coccidiosis in broiler-chicken farms in the municipality of Mashhad, Khorasan, Iran. *Preventive Veterinary Medicine*, 44(3-4), 247-253.

Rose, M. E. (1963). Some aspects of immunity to *Eimeria* infections:.

Sangary, M., & Mohmand, W. (2024). Prevalence of Common Diseases in Kabul City Broiler Chicken Farms through the Evaluation of Macroscopic Pathological Changes. *Journal of Natural Science Review*, 2(4), 36-47.

Sharma, S., Iqbal, A., Azmi, S., & Shah, H. A. (2013). Study of poultry coccidiosis in organized and backyard farms of Jammu region. *Veterinary World*, 6(8), 467.

Shirzad, M. R., Seifi, S., Gheisari, H. R., Hachesoo, B. A., Habibi, H., & Bujmehrani, H. (2011). Prevalence and risk factors for subclinical coccidiosis in broiler chicken farms in Mazandaran province, Iran. *Tropical animal health and production*, 43, 1601-1604.

Tripathi, A. D., Mishra, R., Maurya, K. K., Singh, R. B., & Wilson, D. W. (2019). Estimates for world population and global food availability for global health. In *The role of functional food security in global health* (pp. 3-24). Academic Press.

Yang, C., Kennes, Y. M., Lepp, D., Yin, X., Wang, Q., Yu, H. & Diarra, M. S. (2020). Effects of encapsulated cinnamaldehyde and citral on the performance and cecal microbiota of broilers vaccinated or not vaccinated against coccidiosis. *Poultry Science*, 99(2), 936-948.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol. 1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

Sustainable Agriculture Development through Education and Extension

1. Nasir Ahmad Nasrat¹ 
Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Farah University
2. Mahfozullah Rashed 
Junior Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Farah University
3. Mehrabuddin Rashed 
Junior Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Farah University

Received: 04/07/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

The importance of sustainable agriculture in today's world is increasingly evident, particularly in light of environmental challenges, climate change, and the depletion of natural resources. In the modern world, agriculture must not only meet the food needs of the growing global population but also minimize negative impacts on the environment and local communities. Agricultural education and extension services are among the most effective tools for achieving this goal, as they help farmers acquire the skills needed to improve productivity and make efficient use of resources. The aim of this study is to examine the role of agricultural education and extension in enhancing productivity and sustainability in agricultural systems.

This research employs a literature review methodology and analysis of existing resources to explore agricultural educational programs, including Farmer Field Schools and agricultural extension services. These programs, by transferring modern technologies, optimizing resource use, and introducing sustainable practices such as no-till farming and integrated pest management, have had positive impacts on increasing productivity and

¹ Email: nasirahmadnasrat100@gmail.com

reducing production costs. The findings indicate that farmers who have benefited from educational and extension programs have been able to use resources more efficiently and increase crop yields. Furthermore, the use of modern technologies, such as artificial intelligence in farmer education in various countries, has significantly contributed to improving farming methods and managing water and fertilizer resources. The results also suggest that for achieving sustainable agriculture and increased productivity, government support for educational and extension programs is essential. Therefore, investing in research and development of agricultural education programs, especially in developing countries, can improve farmers' livelihoods and enhance food security. Educational and extension programs can provide a means of addressing global challenges, such as climate change and water resource crises, by disseminating knowledge and promoting best practices.

Keywords: Agricultural Education, Agricultural Extension, Sustainable Agriculture,

1. Introduction

With the rapid growth of the global population and the limitations of natural resources, the agricultural sector is facing new challenges that require the optimal use of resources and the enhancement of productivity in production processes. In this context, the effective utilization of resources and efficiency in production processes are considered essential (Huang et al., 2020; Kosior, 2017; Zamora, 2017). This need is not only critical to meet the growing food demands of today's world but is also economically significant for ensuring the sustainable economic growth and development of countries. As one of the most important production sectors in any country, agriculture plays a vital role in ensuring the food security of humanity.

However, this sector is confronted with two major challenges: rapid population growth and the continuous depletion of natural and productive resources. These challenges underscore the necessity of exploring innovative solutions and maximizing the use of available resources (Heinert & Roberts, 2016). In this regard, agricultural extension and education are recognized as fundamental pillars for enhancing productivity and promoting sustainable agricultural practices. These processes can have significant impacts on improving agricultural methods and increasing efficiency. Specifically, agricultural extension and education not only

function as educational and learning tools for farmers but are, in fact, continuous educational processes aimed at enhancing farmers' capabilities and assisting them in improving their agricultural methods and techniques. Through various educational programs, these processes help farmers learn new agricultural practices, increase their productivity and income, and consequently improve their quality of life and that of rural communities (Danso-Abbeam et al., 2018; Fiaz et al., 2018; Kosior, 2017). In fact, agricultural extension and education are not only structured programs but also serve as an educational and developmental system aimed at disseminating useful and practical information to farmers.

This process functions essentially as a school aimed at enhancing farmers' productivity through human investments and the optimal use of resources. This model is designed based on voluntary participation and continuous learning, with a strong emphasis on the role of individuals as agents of development. In this system, farmers are seen not only as resource users but also as agents of change and transformation in the agricultural sector. This approach fosters a dynamic and active learning environment where individuals can continuously learn from their own experiences and the experiences of others. Ultimately, agricultural extension and education strengthen professionalism in the agricultural sector, enhance the self-sufficiency of producers, and contribute to national food security through the effective and efficient use of resources (Klerkx, 2020; Raina, 2020). This not only increases agricultural productivity but also helps achieve the sustainable development goals of countries.

Therefore, the aim of this study is to examine the significance and emergence of sustainable agriculture, with a particular focus on the key role of extension and education in promoting sustainable agricultural practices.

2. Methodology

This research is conducted as a review article with the aim of examining the development of sustainable agriculture through education and extension. To achieve this goal, the researcher has employed various methods. The first method used involves data collection from multiple sources, which includes reviewing existing literature on sustainable agriculture and educational and extension programs in this field. In this section, the researcher has studied and analyzed published scientific articles in reputable journals, specialized books, and government and international reports. The literature review was conducted with the aim of identifying the current status, analyzing the problems and challenges, and

examining successful experiences in promoting sustainable agriculture through education.

Additionally, the research investigates case studies and successful projects in various countries where sustainable agriculture has been promoted through educational and extension programs. These case studies specifically demonstrate how educational programs have been able to promote sustainable agricultural practices and, in doing so, contribute to increased productivity and sustainable development in agricultural communities. This research, using these case studies, analyzes how education and extension can serve as effective tools to achieve the goals of sustainable agriculture and rural community development.

Therefore, this paper serves not only as a comprehensive review of the current situation but also as a roadmap for developing countries to enhance sustainable agriculture through education and extension.

Concept of Agricultural Extension and Education

Agricultural extension and education, as fundamental pillars of agricultural development systems, represent a form of informal and continuous education aimed at enhancing the knowledge, skills, and attitudes of farmers and agricultural producers. This educational process primarily focuses on the transfer of modern technologies, improving production methods, increasing resource efficiency, and boosting the income of farming households.

The education provided within this framework not only contributes to improving the living standards and empowering rural communities, but it also plays a key role in achieving broader agricultural development goals and sustainable rural development (Heinert & Roberts, 2016). In the specialized literature, "agricultural extension" is defined as a targeted and professional communication intervention designed by government or private institutions to create voluntary behavioral changes for the public good through the active and informed participation of farmers.

This process involves simplifying and localizing the findings of scientific and technological research, adapting them to farm-level practices to increase production, reduce costs, and achieve sustainable income. Such education is typically conducted through informal methods such as workshops, farm days, practical demonstrations, and group visits. In developing countries, agricultural extension is often supported by government agencies, but in recent years, the role of the private sector, civil

society organizations, and non-governmental organizations has also grown significantly.

However, the performance of agricultural extension in some regions faces serious challenges due to a lack of infrastructure, insufficient funding, and content-related deficiencies. One of the main issues is the gap between the theoretical knowledge provided in higher education institutions and the practical skills required in the field of agricultural production. This gap has resulted in many graduates of agricultural fields failing to play an effective role in the production and development process, often remaining as statisticians or theorists (Lynam & Mukhwana, 2020; Raina, 2020).

Thus, revisiting curriculum programs, strengthening the link between theoretical education and practical skills, and institutionalizing participatory extension approaches are essential steps in achieving sustainable agricultural development. Educational and extension programs are critical factors in achieving sustainable agricultural development in rural communities. These programs play an effective role in transferring knowledge, modern technologies, and improving farmers' skills, leading to enhanced fertility and improved economic conditions for farmers. Specifically, extension services encourage farmers to adopt environment-friendly and resource-efficient agricultural practices. A review conducted by Abhijeet et al. (2023) indicates that these programs are most effective when they are designed to meet local needs, taking into account economic, social, and environmental dimensions. International sources reveal that institutional support and sustained public investment in educational and extension programs have a wide-ranging impact on agricultural sustainability. In the United States, for instance, the U.S. Department of Agriculture (USDA) allocated over \$46 million to sustainable agriculture research and education (SARE) projects in 2023, demonstrating how financial support can bring about positive changes in agricultural production practices and the rational use of natural resources.

These programs, using field-based and participatory educational methods, empower farmers to cope with climate change and water scarcity. Despite promising outcomes, there are barriers to the sustainable development of agriculture through extension and education. One of these barriers is the reduction in budgets and financial resources, which can disrupt educational programs. For example, in 2025, a \$6.5 million budget cut for agricultural projects by the USDA sparked considerable criticism, as this move threatens the continuity of sustainable education projects in rural communities. A review of sources shows that the continuity and

effectiveness of extension programs are dependent on financial stability, community involvement, and the alignment of educational content with local realities.

Importance of Agricultural Extension and Education

Agricultural extension and education are fundamental components in achieving sustainable agricultural development in rural communities. Extension programs can help improve agricultural productivity, conserve natural resources, and enhance the quality of life for farmers. These programs, particularly when faced with increasing environmental and economic challenges, assist farmers in improving their agricultural practices. According to Yasser et al. (2023), when educational programs are designed according to local needs and the specific culture of each region, their impact on improving agricultural conditions and increasing farmers' income is significantly greater. In this regard, approaches that emphasize awareness-raising and knowledge transfer through participatory methods have proven to be much more successful than others.

Agricultural education, in addition to increasing farmers' awareness of modern practices, can also help improve the efficiency and optimal use of natural resources. Research conducted by Rafiei et al. (2024) demonstrates that extension programs focusing on the use of sustainable technologies and modern agricultural practices can significantly increase agricultural productivity. These programs can introduce farmers to new planting and harvesting techniques through training courses, workshops, and scientific seminars, as well as assist them in using water and soil resources more efficiently. Furthermore, extension programs can empower farmers to become more resilient to challenges such as drought and climate change by applying sustainable practices.

Extension programs can also contribute to creating a culture of optimizing natural resource consumption and reducing environmental pollution. In developing countries, which are more dependent on agricultural resources, such programs are of particular importance. Nasiri et al. (2025) have highlighted the significance of using modern educational methods in agriculture, such as distance education and online programs, which allow farmers from the most remote areas to access scientific and technical information. This access to knowledge and new technologies can assist farmers in improving their economic situation and increasing their income. Additionally, such educational programs help farmers mitigate the negative effects of climate change and environmental crises.

It is widely accepted that human factors are the most fundamental elements in the development process. Extension institutions, which are responsible for educational tasks, have gradually gained a better understanding of these issues over time. Regardless of the development strategies adopted in different countries, there is a general consensus on the prominent role of agricultural extension in improving agriculture in developing countries. Extension is a flexible tool that can adapt to various circumstances and is often more effective among farmers than governmental interventions. Extension services are tasked with maintaining direct contact with farmers and often act as the only communication link between government institutions and rural communities. One of the primary goals of extension is to reduce regional and social inequalities (Iyer, 2019).

Importance of Promotion in Agricultural Development

Promotion, in various agricultural and other scientific fields, involves the dissemination of research findings that address social issues and needs, with the goal of improving the intellectual and material conditions of people's lives. This concept is rooted in the idea of guidance and leadership and is designed to foster professional thinking and capabilities. Agricultural promotion reflects the growth and economic and cultural development of society. Many countries have used this concept to strengthen cultural and spiritual development, increase public awareness in various fields, including technical issues such as electricity, machinery, water supply, as well as economics, medicine, and home economics (Atinkut, 2019; Huang et al., 2020).

Experiences have shown that agriculture supports and stimulates rural development, as this sector is the primary source of production and income in rural areas. Agricultural promotion strengthens human capabilities and plays a significant role in agricultural development. By increasing farmers' incomes and reducing the gap between urban and rural areas, agricultural promotion contributes to the creation of dynamic and prosperous rural communities. In such communities, research becomes a fundamental condition for the balanced growth of cities and villages, ultimately contributing to the political and social stability of the entire society (Fiaz et al., 2018).

Promotion in agricultural development is recognized as one of the key tools for enhancing agriculture in developing countries. The aim of promotion is to facilitate the transfer of knowledge and new technologies

to farmers and other individuals active in the agricultural sector (Heinert & Roberts, 2016). This process is primarily carried out through educational and advisory programs that help farmers adopt modern agricultural methods and increase their productivity (Iyer, 2019). Agricultural promotion involves identifying the specific needs of farmers and training them in areas such as pest management, improving irrigation methods, soil health maintenance, and the development of new crops. This process also serves as a tool for reducing costs and increasing the profitability of farmers (Klerkx, 2020). In general, agricultural promotion should be carried out with a participatory approach so that farmers can actively engage in decision-making and the implementation of solutions. This approach not only improves agricultural conditions and enhances production but also strengthens farmers' confidence and improves their standard of living (Raina, 2020).

Sustainable Agriculture Development through Research and Promotion Research and promotion are essential components of the agricultural knowledge and information system. Alone, without interaction with each other and the agricultural system, they are incapable of creating sustainable changes in the agricultural sector. Strong communication between research and other stakeholders in agricultural systems is crucial to ensure that agricultural technologies are appropriate and widely disseminated among farmers. Effective communication mechanisms between components of the agricultural knowledge system are vital for the transfer of information and technologies.

The nature of these relationships greatly impacts the efficiency and effectiveness of information production and transfer. Poor performance in this system is often due to communication issues and weaknesses in interaction mechanisms, which affect the overall efficiency of the agricultural knowledge and information system (Beyadegie, 2019; Iyer, 2019). Sustainable agriculture development through research and promotion is a complex and multifaceted process designed to achieve agricultural practices that are in harmony with environmental, social, and economic principles. In this regard, scientific research helps farmers and producers learn modern and optimal methods for increasing production without harming the environment.

For example, the use of drought-resistant seeds or the introduction of modern irrigation methods, such as drip irrigation or the use of smart water management systems, assists farmers in achieving the highest productivity with minimal resource consumption and in combating the climate changes

that are increasingly threatening agricultural production (Huang et al., 2020).

Agricultural promotion, as an essential part of the sustainable agriculture development process, plays a key role in transferring research findings to farmers and rural communities. This process includes technical education and the promotion of agricultural knowledge through which farmers can adopt and implement new and effective agricultural practices. Promotional programs can take the form of workshops, training courses, technical consultations, and exhibitions or conferences, all aimed at educating farmers on sustainable agricultural practices.

For example, educating farmers on the optimal use of chemical fertilizers, soil conservation techniques, and pest management using biological methods not only improves productivity but also reduces negative environmental impacts (Iyer, 2019). In developing countries, close collaboration between research institutions and promotional organizations can significantly accelerate the transfer of knowledge and technology to farmers. Specifically, these collaborations enable the faster dissemination of research findings, particularly in emerging fields such as the use of renewable energy in agriculture.

For instance, innovative technologies like solar energy for powering farms or the use of smart devices to monitor and manage water resources efficiently can be effectively introduced and taught to farmers through promotional programs (Fiaz et al., 2018).

Therefore, the effective and practical development of sustainable agriculture requires continuous cooperation between researchers, governments, and non-governmental organizations. These collaborations not only enhance production but also help reduce social and economic inequalities. As agriculture is recognized as the primary source of income and livelihood in many developing countries, promoting sustainable agriculture will not only improve the economic conditions of farmers but also contribute to the preservation of natural resources and the enhancement of rural communities' quality of life (Atinkut, 2019).

Increasing Agricultural Production through Farmer Education

Farmer education and agricultural promotion are fundamental pillars of sustainable agricultural development, as these educational initiatives enhance the scientific, technical, and practical capacities of farmers, enabling them to increase their yields by adopting modern, knowledge-based methods. Studies have shown that the transfer of research findings through educational programs can significantly improve farmers'

knowledge in areas such as soil management, efficient water use, the selection of improved seeds, pest control, and the optimal use of chemical fertilizers (3ie, 2021).

For example, educational projects in countries like India, Nigeria, and Bangladesh have led to a 20 to 40 percent increase in the production of staple crops such as wheat, rice, and maize (BestUPSC, 2023; The Guardian, 2024). Moreover, the use of modern technologies such as artificial intelligence, agricultural applications, and video-based training via mobile phones has enabled farmers, even in remote areas, to access new educational resources, make better decisions, and reduce agricultural risks (WeChronicle, 2023).

On the other hand, these educational initiatives play an essential role in reducing post-harvest losses, improving the quality of products, and ensuring better access to markets. Educated farmers are able to better package, grade, and market their products, which increases their income and reduces the economic gap between urban and rural areas (Extension Journal, 2024).

In summary, farmer education not only leads to increased production and income but also ensures the sustainable use of natural resources, reduces environmental degradation, and enhances food security. Therefore, strengthening educational and promotional structures in agriculture is one of the most effective strategies for achieving sustainable agricultural development and empowering rural communities.

3. Conclusion

Agricultural education and promotion, as one of the most effective tools for sustainable agricultural development, play a fundamental role in enhancing productivity, increasing farmers' income, and improving food security. The findings from studies and practical experiences of various countries indicate that investing in practical and promotional education for farmers leads to significant improvements in farm management, adoption of new technologies, reduction of waste, and conservation of natural resources.

For instance, educational programs such as "Farmer Field Schools" have successfully improved farmers' technical knowledge in areas such as pest management, sustainable farming methods, and efficient use of water and soil resources, which has resulted in a notable increase in yields. Moreover, extension services in developing countries such as India and Kenya have demonstrated that specialized advice and access to up-to-date,

accurate information have a direct impact on the adoption of innovations and the improvement of production efficiency.

The use of digital tools, such as artificial intelligence-based applications, has enabled farmers to make better decisions regarding fertilizer use, harvest timing, or pest control. This type of education and promotion not only helps increase production per hectare but also reduces farmers' dependence on traditional and costly methods. Furthermore, increasing farmers' knowledge about climate change, biodiversity conservation, and environmentally friendly farming practices ensures a more sustainable future for generations to come. In fact, effective education in sustainable agriculture is not merely a process of knowledge transfer but also a process of social and economic empowerment for rural communities.

Therefore, it is recommended that governments, international organizations, and non-governmental organizations allocate more resources for agricultural education and promotion in order to foster balanced, sustainable, and people-centered development in the agricultural sector and create the conditions for comprehensive growth in rural areas.

4. Recommendation

1. Strengthening local educational programs: Training farmers on the effective use of water, soil, and energy resources, with a strong emphasis on sustainable practices and waste reduction.
2. Establishing rural extension centers: Setting up educational hubs in villages to transfer modern knowledge of sustainable agriculture, including field demonstrations and practical workshops.
3. Promoting the use of green technologies: Providing training on methods such as drip irrigation, conservation tillage, and the application of bio-fertilizers as alternatives to excessive chemical fertilizers.
4. Enhancing farmers' skills through non-formal education: Utilizing media platforms, social networks, brochures, and local radio/television programs to disseminate sustainable agricultural messages.
5. Fostering partnerships between universities and farming communities: Strengthening collaboration between academic institutions and farmers for joint research and educational initiatives in sustainable agriculture.
6. Encouraging exemplary farmers as local promoters: Identifying and training progressive farmers to serve as role models and trainers among their peers.
7. Organizing training programs for the younger generation of farmers: Creating educational opportunities for rural youth to equip them with the

knowledge and skills necessary to apply sustainable agriculture in the future.

8. Monitoring and evaluating the effectiveness of education and extension programs: Designing a continuous monitoring and evaluation system to measure the impact of training on agricultural productivity and sustainability.

5. References

3ie. (2021). Evidence gap map on agricultural extension and advisory services. International Initiative for Impact Evaluation. Retrieved from <https://www.3ieimpact.org>

Abhijeet, P., Kumar, R., & Ahmed, R. (2023). A comprehensive review on role of agricultural extension services in the sustainable development of global agriculture. ResearchGate.

Atinkut, A. (2019). Rural development and agricultural extension. Rural Development Management Program. Retrieved from https://rdsj.torbath.ac.ir/?_action=article&sb=865&_sb=Agricultural+Extension++and+Education&page=1&max_rows=25&lang=en

Danso-Abbeam, G., Ehiakpor, D. S., & Aidoo, R. (2018). Agricultural extension and its effects on farm productivity and income: Insight from Northern Ghana. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0225-x>

Fiaz, S., Noor, M. A., & Aldosri, F. O. (2018). Achieving food security in the Kingdom of Saudi Arabia through innovation: Potential role of agricultural extension. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 365–375. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.09.001>

Harris, R. (2024, January 26). USDA cuts \$6.5M in sustainable agriculture grant to Texas a&M. *Houston Chronicle*

Heinert, S. B., & Roberts, T. G. (2016). Globalizing the undergraduate experience in agricultural leadership, education, extension, and communication. *Journal of Agricultural Education*, 57(1), 42–55. <https://doi.org/10.5032/jae.2016.01042>

Heinert, S., & Roberts, T. (2016). Agricultural extension and its role in sustainable agriculture. *Journal of Agricultural Development*, 25(4), 123–135.

Home. (2023). Innovations in farmer education: Boosting tech adoption in India. Retrieved from <https://www.home.agricultureupdates.in>

Huang, J., Rozelle, S., Zhu, X., Zhao, S., & Sheng, Y. (2020). Agricultural and rural development in China during the past four decades:

An introduction. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 64(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12352>

Iyer, P. (2019). Promoting agricultural education in rural areas: The role of extension services. *Agricultural Education Review*, 12(2), 58-70.

Iyer, V. G. (2019). Strengthening of agricultural extension and rural development through sustainable entrepreneurship. In *Proceedings of Thirteenth Biennial Conference on Entrepreneurship*.

Klerkx, L. (2020). Advisory services and transformation, plurality and disruption of agriculture and food systems: Towards a new research agenda for agricultural education and extension studies. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 26(2), 131–140. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2020.1738046>

Klerkx, L. (2020). The importance of agricultural extension for rural development in the 21st century. *Rural Development Perspectives*, 31(1), 45-52.

Kosior, K. (2017). Agricultural education and extension in the age of Big Data. In *European Seminar on Extension and Education*.

Lindner, J. R., Harder, A., & Roberts, T. G. (2020). Elevating the impacts of research in agricultural education. *Journal of Agricultural Education*, 61(2), 249–262. <https://doi.org/10.5032/jae.2020.02249>

Lynam, J. K., & Mukhwana, E. J. (2020). The changing face of agricultural education and extension within a changing policy context in Africa. *African Journal of Rural Development*, 5(1), 1–20. <https://www.fao.org/4/W5830E/w5830e05.htm>

Moyo, R., & Salawu, A. (2018). A survey of communication effectiveness by agricultural extension in the Gweru district of Zimbabwe. *Journal of Rural Studies*, 60, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.03.002>

Nasiri, S., Hossaini, M., & Bahrami, A. (2025). The impact of agricultural education on rural communities' development. *Journal of Agricultural Education*, 19(1), 120-135.

Rafiei, M., Alizadeh, A., & Salehi, N. (2024). Role of agricultural education in sustainable farming practices. *Journal of Sustainable Agriculture*, 15(3), 301-314.

Raina, A. (2020). The impact of extension services on agricultural productivity in developing countries. *Journal of Rural Studies*, 18(3), 220-234.

Raina, S. (2020). Agricultural extension agents and challenges for sustainable development. In H. Chahal, V. Pereira, & J. Jyoti (Eds.),

Sustainable business practices for rural development: The role of intellectual capital (pp. 93–119). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9298-6_6

Roberts, R., Stair, K. S., & Granberry, T. (2020). Images from the trenches: A visual narrative of the concerns of agricultural education majors. *Journal of Agricultural Education*, 61(2), 324–338. <https://doi.org/10.5032/jae.2020.02324>

The Guardian. (2024). Kenyan farmers use AI tools to triple coffee yields. Retrieved from <https://www.theguardian.com>

United States Department of Agriculture. (2023, April 19). USDA invests over \$46M in sustainable agriculture research and education. USDA.

WeChronicle. (2023). Extension services raise productivity for smallholder farmers. Retrieved from <https://www.wechronicle.com>

Yasser, M., Ahmed, R., & Khan, F. (2023). Importance of agricultural extension programs for rural sustainable development. *International Journal of Agricultural Sciences*, 12(2), 225-238.

Zamora, A. M. (2017). Rural agricultural development and extension in Mexico: Analysis of public and private extension agents. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 9(12), 283–291. <https://academicjournals.org/journal/JAERD/article-full-text/1EA19BB666>



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol. 1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

The Role of Forests, Natural Landscapes and Cultural Heritages in Tourism Development: A Case Study of Marmol District, Balkh Province

1. Shah Mahmoud Faqiri ¹ 
Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University
2. Zabihullah Sharifi 
Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Faryab University
3. Amruddin Fakhri 
Associate Professor, Faculty of Agriculture, Balkh University
4. Nasratullah Habibi 
Teaching Assistant, Faculty of Agriculture, Balkh University

Received: 23/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

Ecotourism is a branch of tourism that can be serve as a source of sustainable economic income. The aim of this research is to examine the current situation, identify capacities and introduce tourism potential in the Marmol District of Balkh Province. The research method was field based, involving the distribution of questionnaires for data collection and analysis. The study results indicate that the Marmol District, with its unique geographical conditions and special climate, including the springs of Mullah Afghan, Rabatak, Parwaz, Gharmin, the forests of Rabatak, cultivated gardens, agriculture, mountaineering, hunting around the mountains and valleys of Marmol, as well as its natural forests and historical-cultural and archaeological sites, provides favorable conditions for the development of the tourism industry. Additionally, natural landscapes such as the pistachio foothills of Tepe Rajab Baqi and other

¹. Email: fshahmahmoud@gmail.com

areas of the district, as well as historical and archaeological sites like the Stone House, are other tourism attractions in this district. All these require comprehensive planning and effective management to attract and engage tourists. Furthermore, it is suggested that tourism promotional programs, infrastructure development, and better recreational facilities for tourists, identified as significant obstacles and limitations in the tourism pathway, be reviewed and implemented by knowledgeable and experienced professionals.

Keywords: Balkh Province, Historical and archaeological sites, Marmol District, pistachio forests, tourism development.

1. Introduction

Forests and natural landscapes, as one of the most valuable natural attractions, play a significant role in the tourism industry. These ecosystems, with their natural beauty, biodiversity, and unique tranquility, provide diverse opportunities for activities such as hiking, mountaineering, photography, and wildlife watching. Additionally, they contribute to the preservation and maintenance of nature and local cultures. Tourism is recognized as a key factor in sustainable development across economic, social, cultural, and environmental dimensions (Papli *et al.*, 2006). In today's world, tourism is shifting towards a broader approach to nature-based tourism (Zahra, 2018). "Nature-based tourism" goes beyond ecotourism and refers to all visits and activities conducted in nature, regardless of their sustainability. The difference between ecotourism and nature-based tourism lies in the sense of responsibility towards nature, where individuals seek sustainable environmental development in the region (Morakh, 2018). Marmol is one of the important districts with a small yet diverse geographical area and unique natural structure, located in the southeast of Balkh Province in northern Afghanistan, captivating every visitor and passerby. This study will be conducted using a field research method to identify and introduce the tourism capacities and potentials in this district.

Today, tourism, especially ecotourism, has attracted many countries around the world to invest in this sector due to its high revenue potential. The unique geographical conditions, climatic diversity, and topographical and geomorphological status of Afghanistan provide unique potential for ecotourism, mainly aligned with the natural areas in the north, northeast, and northwest of the country. Unfortunately, the natural tourism industry

in the country is underdeveloped, and efforts are being made to achieve significant growth and development in this sector. A study titled "Sustainable Ecotourism and Introducing Suitable Conditions for Attracting Tourists" was conducted using documentary and field research methods.

The results indicated that in Khorramshahr, given its specific climatic conditions and the presence of unique areas such as the Arvand River and Bahman Shir River, favorable conditions for the development of the tourism industry were established (Shujaei Zadeh and Asad Zadeh, 2012). In another study by Abdollahi et al. (2014) titled "Analysis of Nature Tourism Potentials in Lanjan County and Factors Affecting Its Development" conducted using a descriptive-analytical method, the results showed that the nature tourism capabilities of the region surpass other tourism attractions. The lack of awareness of the region's natural potential was evaluated as a significant factor in the underdevelopment of nature tourism. Shah Hosseini (2014), in a study titled "Identifying Motivations and Factors Affecting Nature Tourists' Satisfaction with their Trip to Qeshm," examined the motivations and satisfaction levels of tourists regarding their visit to the Qeshm Geopark and the factors influencing this satisfaction. The results from both his quantitative and qualitative research indicate that visiting the natural landscapes of Qeshm is the primary reason for their trip to this area.

The study titled "Barriers to Achieving Nature Tourism Supported by Local Poverty" in the eastern Semnan Province, using qualitative content analysis, shows that local stakeholders become the main barriers to achieving nature tourism in impoverished tourism areas (Rezvani, 2018). In a study titled "Development of Nature Tourism and the Perspectives of Rural Women in Isfahan Province, Iran," conducted using a descriptive-analytical method, the results indicated that natural attractions, favorable climate and the presence of medicinal plants are the top three factors from the perspective of women for developing nature tourism in the region. Given these findings, it can be stated that the villages in the area have high potential for nature tourism development, which itself is a factor in rural sustainable development. Improving recreational facilities and creating income for residents can expedite this process (2021). In a study titled "The Impact of Nature Tourism Culture on the Conservation of National Parks in Iran," conducted using a descriptive correlational method, the overall conclusion of this research indicates that culture is a determining factor in the behaviors of tourists in national parks and the environmental behaviors

of individuals in a community stem from this important factor (Kurobi et al., 2019). Sufi Mariyu, Hamid, and others (2016) in their research titled "Examining the Possibility of Developing Tourism in Forests Using Multi-Criteria Assessment and Geographic Information Systems" states that the goal of this study is to identify suitable areas for tourism in the Research and Educational Forest of Tehran University (Kheyroud) located in Mazandaran Province. According to the results obtained, the highest scores were assigned to sloped hills and water resources, while the lowest scores were given to soil and land. Considering the environmental indicators and the development of infrastructural and socio-economic criteria, there is significant potential for widespread tourism development in Kheyroud Forest. Khaledi, Shahryar, and others (2012) found in their research that the majority of residents have a positive attitude towards the expansion of desert tourism. Additionally, the development of desert tourism can act as a catalyst for rural advancement in this area.

It is evident that Afghanistan is a landlocked, mountainous country with a diverse climate and varied natural structures. The tourism industry in the country, in general, and in smaller locations specifically, faces numerous challenges due to the adverse conditions in the country, lack of awareness about existing tourism capacities and potential, insufficient knowledge of the benefits of the tourism industry, economic weaknesses, and lack of development in this sector. The Marmol District of Balkh Province is no exception. Natural landscapes and forests play a vital role in the tourism industry and the economic development of local areas.

By providing pristine and stunning vistas, they attract tourists and offer an opportunity to escape daily life and connect with nature, which can contribute to creating new jobs and increasing income for local communities. Additionally, they serve as sites for research and education, helping to raise public awareness about the importance of environmental protection and natural resource conservation. The aim of this research is to identify and analyze the tourism capacities and potentials in the Marmol District of Balkh Province and to identify the main obstacles and challenges facing tourism. This study seeks to investigate whether the capacities and potential for tourism in the Marmol District of Balkh Province have been properly identified and established. It explores whether the necessary conditions for tourism have been provided and whether tourist attractions are currently taking place in the area. Additionally, the study aims to determine the most important strategies that can contribute to tourism development in the district. Finally, it examines the primary reasons behind

the underdevelopment of tourism in Marmol and identifies the key obstacles hindering its progress.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area

The Marmol District is located 35 kilometers southeast of Balkh Province and covers an area of approximately 375 square kilometers. It holds a unique and strategic geographical position, spanning from 67°20'09" to 67°20'29" east longitude and from 36°33'00" to 37°45'00" north latitude. The climate of the Marmol District is generally cold and dry, with temperatures typically ranging from 30 to 40 degrees Celsius. Precipitation is relatively low and mainly occurs in early spring and autumn, affecting agriculture and water resources. In terms of elevation, the district ranges from a low point of 399 meters to a high of 2,276 meters above sea level. This variation in elevation has resulted in rich biodiversity and attractive natural landscapes, making the region a valuable resource for tourism development.

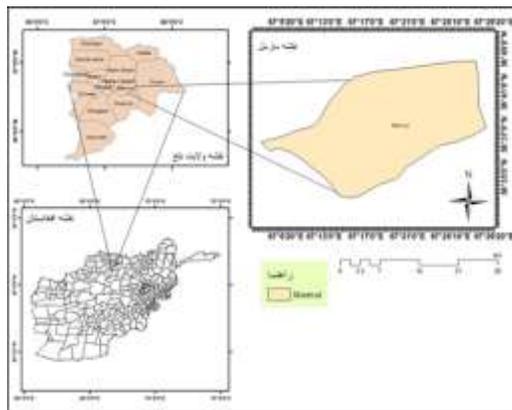


Figure 1: Map of the Study Area.

3. Research Method

This field study is applied in terms of its purpose and employs a "descriptive, survey, and inferential" method. It is based on field observations and documentation, with data analysis conducted using SPSS software. Since survey methods typically aim to identify and examine the relationships between specific factors and conditions, the aforementioned methods are utilized. The statistical population of this research consists of

the residents of this district. The sample size was determined using the minimum sample size formula from Morgan's table, with a confidence level of 93%, resulting in a random selection of 120 individuals. To collect data, a questionnaire developed by the researchers was utilized, containing 26 questions to assess the research variables. The questionnaire asked residents both within and outside the district about the role of forests and natural landscapes in the development of the tourism industry and whether the district has tourism potential, as well as the main obstacles to the tourism industry here. The questionnaire comprises two sections: the first includes five questions to assess demographic variables (gender, marital status, age, education level, and occupation), while the second contains 21 questions aimed at identifying and analyzing the tourism industry, its potentials, and the obstacles and challenges to tourism in the district.

A total of 120 questionnaires were distributed at tourist locations within the district, such as Rabatak Garden, cultivated gardens, forested hills, and springs, as well as outside the district. After collecting the questionnaires, the data was analyzed.

4. Results

In this study, the questionnaire was distributed to literate individuals, with more than half of the respondents engaged in self-employment. The results indicate that, in terms of demographic variables, the majority of respondents were men, while less than 30% were women. Additionally, based on the demographic data, individuals in the age group of 21 to 40 years constituted the largest share of the research sample. The results related to the demographic variables are presented in Table 1.

Table 1. Demographic details of the research

Demographic Variables	Options	Frequency	Percentage	Demographic Variables	Age (Years)	Frequency	Percentage
Gender	Female	34	28.3	Age	<20	36	30.0
	Male	86	71.7		21-40	54	45.0
Marital Status	Single	64	53.3		41-60	29	24.2
	Married	56	46.7		>60	1	0.8
Education Level	Literate	120	100.0	Occupation	Student	17	14.2
	Illiterate	0	0		Teacher	24	20.0
					Employee	23	19.2
					Self-employed	56	46.7

The results of the research regarding tourism variables in Table 2 indicate that the availability of tourism facilities, such as roads and suitable pathways, local guidance signage, traffic signs, clubs, shops, restaurants, fast food stalls, beverage vendors, shade structures, vehicle parking areas, and even restrooms and other essential services, is very limited or even nonexistent. Most local residents (Marmoli) occasionally travel for leisure and recreation up to three times a year using private places and relatives. However, the results show that despite numerous challenges, there is still a desire to travel to visit the forested areas, gardens, and natural beauties of the region among visitors (see Table 2).

Table 2. Results of Tourism Variables

Tourism Variables	Options	Frequency	Percentage	Tourism Variables	Options	Frequency	Percentage
Frequency of Travel to Marmol	Once a year	25	20.8	Duration of in Marmol Stay	3 days	67	55.8
	Twice a year	31	25.8		5 days	35	29.2
	Three times a year	33	27.5		10 days	11	9.2
	More than five times a year	31	25.8		More than 10 days	7	5.8
Place of Stay in Marmol	Personal home	44	36.7		Hotel	3	2.5
	Relative's home	73	60.8	Willingness to Travel Again	Low	9	7.5
Role of Forested and Garden Areas in Attracting Tourism	Low	5	4.2		Medium	36	30.0
	Medium	15	12.5		High	44	36.7
	High	37	30.8		Very High	63	52.5

The results in Table 3 indicate that the Marmol District has very high potential for tourism development. Among the various attractions, springs, mountaineering, forests, gardens, historical sites, and shrines received the highest scores, emphasizing the importance and vitality of these features in attracting tourists. These findings suggest that these facilities and

attractions play a significant role not only for domestic tourists but also for foreign visitors. Conversely, capabilities such as horseback riding and hunting animals and birds (due to restrictions to prevent their extinction) received the lowest scores, indicating a lesser role of this sector in attracting tourists compared to other factors. Therefore, the results in Table 3 emphasize that focusing on the development and utilization of natural and historical attractions in this district can play a vital and effective role in boosting the tourism industry.

Table 3. Results of Tourism Variables

Tourism Variable	Options	Frequency	Percentage	Tourism Variables	Options	Frequency	Percentage
Spring season	Low	5	4.2	Hiking	Low	4	3.3
	Medium	20	16.7		Medium	35	29.2
	High	26	21.7		High	41	34.2
	Very High	69	57.5		Very High	40	33.3
Gardens	Low	5	4.2	Historic Sites	Low	6	5.0
	Medium	17	14.2		Medium	27	22.5
	High	39	32.5		High	33	27.5
	Very High	59	49.2		Very High	54	45.0
Horse Riding	Low	20	16.7	Hunting	Low	53	44.2
	Medium	51	42.5		Medium	34	28.3
	High	35	29.2		High	23	19.2
	Very High	14	11.7		Very High	10	8.3

The results in Table 4 indicate that the role of information dissemination in attracting tourists is considered very important. The public believes that informing about the attractions of this district could significantly enhance the attraction of both domestic and foreign tourists. Additionally, the importance of transport capabilities, such as infrastructure and vehicles, as well as agriculture and animal husbandry, and social services (hotels, restaurants, grocery stores, baths, clinics, and pharmacies, as well as vehicle stopping areas) in attracting tourism is deemed very high. Conversely, the role of skiing has been viewed as less significant due to unfavorable terrain conditions and the high costs of preparation. If the mentioned issues, which are the biggest challenges for tourists in this district, are resolved, it could be very beneficial for the prosperity and economy of the local people.

Table 4. Results of Tourism Variables

Tourism Variables	Options	Frequency	Percentage	Tourism Variables	Options	Frequency	Percentage
Information Dissemination	Low	6	5.0	Vehicles	Low	9	7.5
	Medium	36	30.0		Medium	22	18.3
	High	45	37.5		High	36	30.0
	Very High	32	26.7		Very High	53	44.2
Skiing	Low	64	53.3	Agriculture and Animal Husbandry	Low	2	1.7
	Medium	32	26.7		Medium	14	11.7
	High	12	10.0		High	51	42.5
	Very High	12	10.0		Very High	53	44.2
Public Services	Low	21	17.5				
	Medium	18	15.0				
	High	36	30.0				
	Very High	45	37.5				

The results in Table 5 clarify that government attention to the tourist areas of Marmol District, Balkh Province, has been quite limited. Consequently, the option indicating the government's negligence towards the tourism areas and capabilities of this district received the highest score among respondents.

Table 5. Results of Government Attention to Tourist Areas in Marmol District

Options	Frequency	Percentage
Low	87	72.5
Medium	29	24.2
High	4	3.3
Total	120	100.0

The results in Table 6 indicate that the cultural and social attitudes of the people in attracting tourists to this district are considered very important by respondents. Fortunately, there are no significant cultural or social issues concerning tourism attraction.

Table 6. Results of Cultural and Social Attitudes of People in Attracting Tourists

Options	Frequency	Percentage
Low	2	1.7
Medium	32	26.7
High	33	27.5
Very High	53	44.2
Total	120	100.0

The results in Table 7 indicate that the lack of tourism infrastructure is considered one of the major obstacles to attracting both domestic and foreign tourists. It is hoped that in the near future, the government, national and international private and semi-private organizations, as well as local residents, will take action to resolve this issue in order to attract more tourists to the region.

Table 7. Results of the Role of Tourism Infrastructure in Attracting Tourists

Options	Frequency	Percentage
Low	8	6.7
Medium	17	14.2
High	47	39.2
Very High	48	40.0
Total	120	100.0

The results in Table 8 highlight the obstacles and issues related to the availability of tourism facilities such as supermarkets, hotels, vehicle parking, swimming pools, and modern baths. Attention from the relevant authorities could be a solution to these mentioned problems.

Table 8. Results of Tourism Facilities

Options	Frequency	Percentage
Low	83	69.2
Medium	31	25.8
High	5	4.2
Very High	1	0.8
Total	120	100.0

The results in Table 9 indicate that if attention is paid to the tourism capabilities of this district and more facilities are provided for domestic and foreign tourists, it will not only alleviate the economic problems of the local population but also create job opportunities and promote the growth of this district in various fields in the near future.

Table 9. Results of the Role of Tourism in the Development of Marmol District

Options	Frequency	Percentage
Medium	5	4.2
High	30	25.0
Very High	85	70.8
Total	120	100.0

The research findings also indicate that the collection of historical, cultural, and archaeological artifacts in this district is a result of the efforts of a local cultural figure. This shows that the Marmol region holds a treasure that reflects its rich history and culture, as well as a high potential for attracting tourists.

5. Discussion

In the research by Soofi Meryo, Hamid and others (1395), suitable areas for tourism in Tehran were identified. Their results indicated that the highest scores were attributed to sloped areas and water resources, emphasizing that the development of infrastructural and socio-economic criteria facilitates the expansion of tourism. Our research results show that the highest scores for tourism in the studied region are associated with natural springs, the Robat garden forest, natural pistachio forests and historical and cultural artifacts. It was also determined that infrastructural, social, and cultural criteria play a significant role in promoting tourism in the Marmol District of Balkh Province, aligning with the findings of the aforementioned research.

In the study by Shah Hosseini, Hadith (1393), it was found that visiting the natural landscapes of Qeshm is the main reason for tourists traveling to the island, which is consistent with our findings. The primary purpose of visits by respondents to the Marmol District is reported to be viewing natural landscapes, springs, and historical and cultural artifacts of the area. The research by Mohsen *et al.* (1400) revealed that natural attractions, favorable climate and the presence of medicinal plants are the top three factors for the development of ecotourism in the region. It was also stated that the villages in the area have high potential for developing ecotourism, contributing to sustainable rural development. Our findings indicate that, according to respondents, the tourist attractions in the Marmol District include recreational areas, springs, forested and agricultural regions, hills and historical and cultural sites that are key to tourism development in this district. Furthermore, our results suggest that these capabilities could

positively impact the economy and job creation for the local people, aligning with the aforementioned research. In conclusion, it can be said that the results of the research conducted in the Marmol District are consistent with the established objectives across all areas and correspond with the findings of researchers studied in the literature.

6. Conclusion

The Marmol District of Balkh Province, with its tourist attractions, can significantly improve the situation in the district and its surrounding areas across all aspects of life and it can be considered one of the tourism hubs of Balkh Province and the country. One of the main problems in this district and its surrounding villages is the lack of standard roads and issues related to public services and agriculture. The majority of residents in these areas rely on farming, which has led to unemployment due to recent water shortages. Therefore, strengthening the tourism potential in this district and region can serve as an alternative solution to mitigate this problem.

Factors such as weak and unstable management, inadequate promotion, lack of coordination among tourism-related organizations and the community and insufficient investment are key reasons for the underdevelopment and obstacles facing tourism in this district and region, which must be addressed through careful planning. The most important strategies for tourism development include reforming management institutions and employing specialized management in the tourism sector, as well as ensuring stability in management for the implementation of long-term plans, enhancing promotion and raising awareness about the tourism capabilities of the region.

To enhance tourism in the Marmol District, several key actions are recommended. Improving main and secondary access roads is essential for better connectivity. Public tourism services should be developed through collaboration with private organizations and local communities. Strengthening irrigation infrastructure will support both agriculture and scenic value. Establishing a national museum to showcase historical and cultural artifacts can boost cultural tourism. Public awareness campaigns are needed to promote understanding of the area's attractions and efforts must be made to prevent deforestation and protect natural landscapes.

7. Referance

Pouya, A., Irandoust, M., & Soltanpanah, H. (2020). The Role of Experience-based Marketing Strategies on ecotourists Loyalty (Case Study: Ecotourism in Kurdistan Province). *Consumer Behavior Studies Journal*, 7 (1), 1-21. (in Persian).

XueMing Zhang (2012). Research on the Development Strategies of Rural Tourism in Suzhon Based on SWOT Analysis. 30:3235-3233.

حدادی نیا سمیه و دانه کار افشین (۱۳۹۱) اولویت بندی معیار های طبیعت گردی در اکوسیستم های بیابانی و نیمه بیابانی با روش دلفی، مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره (۳) ص ۱۷-۳۰.

حسینی، حدیث، (۱۳۹۳) شناخت انگیزه ها و عوامل موثر بر میزان رضایت طبیعت گردها از سفر به قشم، فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری دانشگاه علامه طباطبایی دوره ۸ شماره ۲۴ ص ۱۷۶.

خالدی، شهریار، صالحیان بادی، سعید و صیدالی، محسن. (۱۳۹۱) جایگاه اکوتوریسم بیابانی در توسعه سکونت‌گاه های روستایی، نشریه برنامه ریزی روستایی، دوره ۲ شماره ۸ ص ۱۷۵.

رضوانی محمد رضا، علی بدری سید، ترابی ذبیح الله (1397)، موانع تحقق طبیعت گردی حامی فقرا (مورد مطالعه: روستاهای منتخب شرق سمنان)، مجله‌ی برنامه ریزی و توسعه گردشگری سال هفتم، شماره‌ی (62) 28-51.

سازمان جهانی جهانگردی (۱۳۹۷). جستاری درباره مفهوم طبیعتگردی یا جهانگردی زیست محیطی (بومگردشگری)، تهران: مرکز تحقیقات و مطالعات ایرانگردی و جهانگردی ص ۱۴-۲۸.

سرابی، محمد حسن، قاسمی نرگس (۱۳۸۵) بررسی وضعیت گردشگری و بومگردشگری شهر ورزنه، دانشگاه یزد، اولین همایش بین المللی عملی-راهبردی توسعه گردشگری جمهوری اسلامی ایران، ص ۴۲۷.

شاطریان محسن، کیانی صدیقه، غلامی یونس، منتصری زهرا (۱۴۰۰) توسعه طبیعتگردی و دیدگاه زنان روستایی (نمونه موردی: روستاهای بخش برزک-کاشان)، اولین همایش زنان ص ۱-۱۶.

شجاعی زاده کبری، اسدزاده عبدالرحیم (۱۳۹۱)، اکوتوریسم پایدار، همایش ملی شهرهای مرزی و امنیت؛ چالش ها و راه یافت ها، دانشگاه سیستان و بلوچستان ۳۰ و ۳۱ فروردین، ص ۱۳۶۶-۱۳۶۹.

شجاعی مسلم، احمدی مژگان تراب و منزوی مهشید، (1393) ارزیابی توانمندی پهنه‌های مستعد توسعه طبیعت گردی مورد مطالعه: قم، مجله آمایش جغرافیایی فضا فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان سال سوم/ (9) 1-18.

صوفی مریو، حمید، بابایی کفاکی، ساسان، اعتماد، وحید و احمدی ثانی، احمد. (۱۳۹۵) بررسی امکان توسعه گردشگری در جنگل. مجله جنگل و فرآورده های چوب، دوره ۶۹ شماره ۴ ص ۱۷۹.

عبداللهی منیژه، عبداللهی صدیقه، ایلدرمی علی رضا، (1393)، تحلیل پتانسیل های طبیعت گردی شهرستان لنجان و عوامل موثر بر توسعه، فصلنامه گردشگری سال هشتم، شماره (22) ص 1-14
کروبی مهدی، یآوری گهر فاطمه، سرخیل رضا (1398)، اثر فرهنگ طبیعت گردی بر حفاظت از پارک های ملی، فصلنامه علمی مطالعات مدیریت گردشگری، سال چهاردهم، شماره (48)، صفحات 25-56.

مورخ زهرا (۱۳۹۷). نقش جنگل در جذب گردشگر مطالعه موردی جنگلهای دوهزار شهرستان تنکابن، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ص ۱۷۶.
مهرجردی محمد رضا ضارح و ضیاءآبادی مریم، (۱۳۸۹) ارزش طبیعت گردی حفاظت از منطقه تفریحی-گردشگری شیرکوه در استان یزد، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۶ شماره (۱) ص ۹-۱.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol.1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

د کورنیو او فارمی هگیو د کیمیاوي ترکیب او تغذیوي ارزښت پرتله: یوه بیا کتنه **Comparing the Chemical composition and nutritional value of eggs from backyard chickens and farm-raised chickens**

1. Rahimullah Amarkhil¹

Senior Teaching Assistant, Faculty of Vitarnary, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)

2. Ahmadullah Zahir

Assistant Professor, Faculty of Vitarnary, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)

3. Aminullah Noor

Assistant Professor, Faculty of Vitarnary, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)

4. Mohammad Dawood Bawar

Assistant Professor, Faculty of Vitarnary, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University (ANASTU)

Received: 02/07/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

Eggs are an important poultry product, which contain a number of biologically active compounds. In recent years, the consumption of domestic chicken eggs has increased, as they differ from farm eggs in terms of nutritional value and taste. The aim of this study is to compare the chemical composition, taste and quality of domestic and farm eggs. Overall, the differences between domestic and farm eggs depend on environmental conditions as well as management systems. In addition, domestic chickens are fed natural food sources such as insects, vegetables

¹. Email: rahimullahamarkhil260@gmail.com

and waste from the kitchen, which means that the eggs of this type of chicken contain high amounts of omega-3 fatty acids, vitamins (A, E, B12, D), minerals (calcium, magnesium, iron, phosphorus, zinc) and a high amount of carotenoids in the yolk. This combination gives domestic chicken eggs good taste and high nutritional value. In contrast, farm chickens are kept in limited conditions, and the limited environmental conditions affect the quality of the eggs. As a result, it can be said that domestic chicken eggs have a higher nutritional quality than farm eggs, which is due to the environment and the use of different foods.

Keywords: Taste, Nutritional Value, Eggs

لنډيز

هگي د چرگي يو مهم محصول دی، چې يو شمېر فعاله بيولوژيکي مرکبات لري. په دې وروستيو کلونو کې د کورنۍ چرگي د هگي مصرف زيات شوی دی، ځکه چې د غذايي ارزښت او خوند له پلوه د فارمي چرگو له هگيو سره توپير لري. د دې مطالعې موخه د کورنيو او فارمي چرگو د هگيو کيمياوي ترکيب، خوند او کيفيت پرتله کول دي. په ټوله کې، د کورنيو او فارمي چرگو د هگيو ترمنځ توپير په محيطي شرايطو او همدارنگه په مديريتې سيستم پورې تړاو لري. سر بېره پر دې، کورنۍ چرگي له طبيعي غذايي سرچينو لکه حشراتو، سبزيجات او د خوړنځای له ضايعاتو څخه تغذيه کيږي، چې د دې ډول چرگي هگي په زياته اندازه او ميگا-3 شحمي تېزابونه، ويټامينونه (A, E, B12, D)، منرالونه (کلسيم، مگنيزيم، اوسپنه، فاسفورس، زينک) او ژير يې په زياته اندازه کاربوهيدرونه لري. دا ترکيب د کورنيو چرگو هگيو ته ښه خوند او لوړ غذايي ارزښت ورکوي. برعکس، فارمي چرگي په محدودو شرايطو کې ساتل کيږي، چې محدود چاپيريالي شرايط يې د هگيو کيفيت اغېزمنوي. په پايله کې ويلاي شو چې د کورنۍ چرگي هگي د فارمي چرگو د هگيو پر پرتله لوړ تغذيوي کيفيت لري، چې لامل يې چاپيريال او له بيلابيلو خوړو څخه گټه پورته کول دي.

کلیدي کلمې: خوند، غذايي ارزښت، هگي

۱. سریزه

هگي د چرگو يو مهم او قيمتي محصول دی، چې له تغذيوي پلوه په خپل جوړښت کې يو شمېر با ارزښته بيولوژيکي مواد لکه شحميات، پروټينونه (البومين)، منرالونه (اوسپنه، سيلينوم، سوډيم، کلسيم، مگنيزيم، پوتاشيم، منگانيز، مس، جست) او ويټامينونه (A, B₁₂, D, K) لري. د دې ترڅنگ په زياته اندازه بيولوژيکي فعال مرکبات لري، چې د هضم وړ لوړ قابليت لري (Réhault-Godbert et al., 2019). دا محصول د نړۍ په بېلابېلو هېوادونو کې په بېلابېلو طريقو (په کوچني او لويه کچه)، جنسونو

(کورنی او فارمی)، مقدار (کابو څو دانې او په لوړه کچه) او اندازه (کوچنی او غټی هگی) سره تولیدېږي. زمونږ په هېواد کې د هگیو تولید له ډېر پخوا څخه مروج وو. د هگیو لومړی تولید د کلیوالو کورونیو په واسطه او د کورنیو چرگو څخه پیل شو چې د کورنیو د غړو په تغذیه کې ترې کار اخېستل کېده او اضافي هگی په بازار کې د خرڅلاو لپاره وړاندې کېدې. اوس هم زمونږ د هېواد په کلیوالو سیمو کې د کورنیو چرگو له هگیو څخه ګټه پورته کېږي، مګر د تولید اندازه یې دومره زیاته نه ده چې د ټولو مصرف کونکو غوښتنو ته ځواب ووايي. له دې نه چې دا محصول له تغذیوي پلوه کابو مکمل خواړه دي، په ارزانه او په آسانه توګه تر لاسه کېږي، په دې وروستیو کلونو کې، د هگیو د مصرف لپاره تقاضا لوړه شوې ده چې ورسره د تولید او توريد کچه هم زیاتوالی موندلی دی. د هگیو قیمت د کووید-۱۹ ناروغی د خپرېدو را په دې خوا په ټوله نړۍ کې لوړ شو. زمونږ په هېواد کې د دې ناروغی تر مخه د کورنی هگی قیمت ۵ افغانی وو، په داسې حال کې چې اوس قیمت یې ۱۲ افغانی دی. د فارمی هگیو قیمت هم کابو ۵ افغانی وو چې اوس یې قیمت ۱۰ افغانی دی (Zahir et al., 2020).

یو زیات شمېر څېړنو ثابته کړې ده چې د هگیو کیمیاوي جوړښت د چاپیریال او جنیتیکي فکتورونو، تغذیه او روزنې سیستمونو، فزیولوژیکي حالت پورې تړاو لري او د هگی ذایقه او خوند د هگی له کیمیاوي جوړښت سره تړاو لري (Dunn, 2011; Heerkens et al., 2015). یو زیات شمېر مصرف کوونکي په دې عقیده دي چې د فارمی هگیو ذایقه او تغذیوي ارزښت د کورنیو هگیو پر پرتله ښه دی، په داسې حال کې چې یو شمېر نور بیا په دې عقیده دي چې د کورنیو چرگو د هگیو غذايي ارزښت لوړ دی له همدې امله ده چې قیمت یې هم لوړ دی. ځکه چې کورنی چرګې د اساسي غذا څخه علاوه وایو، حشراتو او چینچانو ته لاس رسې لري؛ نو پر همدې اساس کورنی چرگو هگی په قفسونو کې د روزونکو چرگو د هگیو په پرتله په زیاته اندازه توکوپیروول، الفا توکوپیروول او لیوتین محتویات لري (Pignoli et al., 2009).

همدارنګه د فارمی چرگو د هگیو زېره برخه په لوړه کچه پروتین، پوتاشیم او مس لري او د کورنیو چرگو د هگیو زېره برخه بیا په لوړه کچه مګنیزیم، اوسپنه، منګانیز، کلسیم او یو شمېر مهم بیولوژیکي مرکبات لري (Filipiak-Florkiewicz et al., 2017). سربېره پردې، کورنی چرګې په د چاپیریالي میکروبونو سره په زیاته اندازه مخامخ شوي وي چې له امله د هگیو په ژېړو کې په زیاته اندازه د امیونوګلوبولین Y (د چورګوړي د ژوند په پیل د چورګوړي لپاره غیر فعال معافیت تولیدوي) محتویات لري (Bedrani et al., 2013). همدارنګه مطالعاتو ثابته کړې چې د کورنی چرگو هگی د فارمی چرگو د هگیو په پرتله په زیاته اندازه د پروتین محتویات لري (Minelli et al., 2007; Hidalgo et al., 2008; Kucukyilmaz et al., 2012). نو له همدې امله، د دې کتابتوني څېړنې هدف د کورنیو او فارمی چرگو د هگیو کیمیاوي جوړښت او د هغو د تغذیوي ارزښت سره پرتله کول دي تر څو روښانه شي چې کوم ډول هگی لوړ غذايي ارزښت، خوند، طعم، او ذایقي لري.

د هگي فزيکي ځانگړتياوې

د هگي په فزيکي ځانگړتياوو کې د هگي شکل، پوښ، رنگ، اندازه، وزن، محتويات، غلظت او د هگي جوړښت شامليري. د دواړو نوعو هگيو فزيکي ځانگړتياوې په (جدول ۱) کې ښودل شوي دي چې د وزن پر اساس د دواړو نوعو هگيو ترمنځ کوم ځانگړي توپير شتون نه درلود، مگر د کورنيو چرگو د هگيو وزن (65.5 ± 9 ګرام) د فارمي چرگو د هگيو په پرتله زيات وو (58.5 ± 1.5 ګرام). د کورنيو چرگو د هگيو د سپينې برخې وزن په اوسط ډول (4.7 ± 3.9) ګرامه او د فارمي چرگو هگيو (1.3 ± 3.3) ګرامه وو. د دې ترڅنګ د هگيو ژپړې برخې يې کوم ځانگړي توپير نه درلود (English, 2021). دې ته ورته يوه بله څېړنه چې په ۲۰۱۷ کال کې د Lordelo او همکارانو لخوا ترسره شوې وه، دوی د کورنيو او فارمي چرگو د هگيو د پوښ په سلنه کې کوم ځانگړي توپير نه وو موندلی.

جدول (۱): د کورنيو او فارمي چرگو د هگيو د فزيکي ځانگړتياوو پرتله ښيي (English, 2021)

د کورنيو او فارمي چرگو د هگيو پرتله		
د هگي محتويات	کورني هگي	فارمي هگي
د هگي وزن (ګرام)	64.6 ± 9	58.5 ± 1.5
ژپړه برخه (ګرام)	$2.17, 4 \pm 1$	17.1 ± 1.2
ژپړه برخه % (د هگي د وزن فيصدي)	$2.26, 7 \pm 2$	$1.29, 3 \pm 7$
البومين (ګرام)	39.3 ± 7.4	$1.33, 6 \pm 3$
البومين (%) (د هگي د وزن فيصدي)	57.9 ± 3.3	1.7 ± 4.57
البومين pH	8.8 ± 0.4	0.04 ± 9.1
د هگي پوښ (ګرام)	8.8 ± 0.3	7.8 ± 0.2

د يوې بلې څېړنې د پايلو له مخې (جدول ۲) په ازاده ساحه او قفسونو کې د ساتونکو چرگو په واسطه د توليد شويو هگيو د ژپړو او سپينو د ارتفاع او عرض ترمنځ کوم ځانگړي توپير موجود نه وو ($P > 0.05$). د دې ترڅنګ، د هگيو د وزن او هگي د پوښ ضخامت يې په ازاده ساحه کې د روزنکو چرگو په واسطه توليد شويو هگيو کې د پام وړ زيات وو ($P < 0.05$). سريره پردې، د هگي د داخلي کيفيت اړوند پارامترونه د دواړو ذکر شويو روزنيزو سيستمونو ترمنځ له احصايوي پلوه د پام وړ توپير نه درلود (Denli et al., 2016).

جدول (۲): په ازاده ساحه او قفسونو د ساتنې سیستمونو کې د چرگو پواسطه د تولید شویو هگیو پرتله رابښي

د هگی محتویات	ازاده ساحه کې د روزونکو چرگو هگی	قفسونو کې د روزونکو چرگو هگی
هگی وزن (گرام)	۱,۰۳±۶۲,۸	۰,۴۷±۶۰,۱
د شکل شاخص	۰,۳۵±۷۶,۹	۰,۲۴±۷۷,۳
د هگی د پوښ وزن (گرام)	۰,۰۹±۷,۰	۰,۰۹±۶,۷
د هگی د پوښ ډبلوایی (ملي متر)	۰,۰۰۳±۰,۳۱	۰,۰۰۴±۰,۲۷
د هگی د سپینو ارتفاع (ملي متر)	۸,۲۰,۱۴±	۰,۱۸±۸,۰
د هگی د سپینو عرض (سانتي متر)	۰,۱۹±۷,۴	۰,۲۲±۷,۶
د هگی د ژيرو ارتفاع (ملي متر)	۰,۰۹±۱۸,۵	۰,۱۱±۱۸,۶
د هگی د ژيرو عرض (ملي متر)	۰,۱۵±۴۱,۳	۰,۱۳±۴۲,۱

د هگی خوند

د کورنیو او فارمي چرگو د هگیو ترمنځ د خوند توپیر په مختلفو فکتورونو لکه د تغذیې ډول، فزیکي فعالیت، او د فشار کچې پورې اړه لري. کورنی چرگې د حشراتو، سزيجاتو، او مختلفو طبیعي غذايي سرچینو ته پراخ لاسرسي سربره معمولا د کور دننه او بهر د گرځیدو او طبیعي سلوکو د سرته رسولو لپاره زیاته فاصله لري، چې له همدې امله د دوی د هگیو خوند د فارمي چرگو د هگیو په پرتله غښتلی وي. که څه هم د دواړو نوعو د هگیو د خوند د علمي پرتله کولو لپاره محدودې څېړنې موجودې دي، خو د کورنیو هگیو د زیات مصرف څخه معلومېږي چې تغذیوي رژیم او د چرگو فزیکي فعالیت د هگیو خوند متاثره کوي. د بیلگې په توګه، چرگو ته د متنوع غذا په ورکولو سره د شحمي تیزابونو ترکیب اغیزمن کيږي چې ممکن په پایله کې یې د هگیو د خوند حس اغیزمن شي (Leeson et al., 2005). سربره پردې، د یوې څېړنې د پایلو پر بنسټ د کورنیو چرگو هگی د فارمي چرگو د هگیو په پرتله په زیاته کچه خوندورې دي او د هگیو د ژيرو رنگ یې هم زیات دی چې عمده علت یې د حشراتو او سزيجاتو په شمول له طبیعي غذايي سرچینو څخه استفاده کول دي (Castellini et al., 2006).

د هگی پروتین

هگی د مغذي موادو یوه غني سرچینه (Powerhouse) ده، چې له دې مغذي موادو څخه یو هم پروتین دی، چې د انسان د روغتیا په ساتنه کې مهم رول لري. د هگی پروتین د بدن د ودې، ترمیم، او د انساجو په ساتلو کې حیاتي اهمیت لري. سربره پر دې، دا پروتین د انزایمونو، هورمونونو، او معافیتي حجراتو په فعال ساتلو کې هم مهمه ونډه لري (DiMarco et al., 2019). د هگی پروتین نه یوازې دا چې په اسانه سره جذبیږي، بلکې لوړ بیولوژیکي ارزښت هم لري (Grundy and Kerimi, 2021). څېړنو ښودلې ده چې د متوازنې غذا په توګه د هگیو استعمال زیاتې ګټې لري (Samman et

(al., 2009). مطالعاتو ښودلې چې په غذايي رژیم کې د هگيو داخلول کولای شي د وزن د لاسه ورکولو څخه په مخنيوي او د مړښت په تقويه کولو کې مرسته وکړي (Castellini et al., 2006). د کورنۍ او فارمي چرگو د هگيو د پروتين د کيفيت معلومولو په موخه، د دوی د امينواسيدونو ترکيب اندازه کيږي. په ټوله کې، په دواړه ډوله هگيو کې د امينواسيدونو محتويات د پرتلې وړ دي. د بيلگې په ډول، اسپارتيک اسيد په دواړه ډوله هگيو کې په زياته اندازه شتون لري، په داسې حال کې چې د کورنيو چرگو په هگيو کې يې مقدار (۱،۶۱ ګرام/ ۱۰۰ ګرام) او د فارمي چرگو په هگيو کې يې مقدار (۱،۵ ګرام/ ۱۰۰ ګرام) دی. د دې برعکس، د نورو اندازه شويو امينواسيدونو ترمنځ يې توپير لږ دی (جدول ۳) (English, 2021).

جدول (۳): د کورنيو او فارمي چرگو د هگيو د کيمياوي ترکيب (پروتين غلظت او امينواسيدونو ترکيب) پرتله کول ښيي

د امينواسيد ډول	د فارمي چرگو هگي (ګرام/ ۱۰۰ ګرام)	د کورنۍ چرگو هگي (ګرام/ ۱۰۰ ګرام)
غير ضروري		
الانين	۰،۴۴	۰،۴۵
اسپارتيک اسيد	۱،۵۴	۱،۶۱
سيستئين	۰،۱۵	۰،۱۶
ګلوتامين	۱،۱۰	۱،۱۳
ګلايسين	۰،۴۲	۰،۴۳
پرولين	۰،۳۷	۰،۳۸
سيرين	۰،۵۵	۰،۵۶
ضروري		
ارجينين	۰،۵۳	۰،۵۴
هيسټايډين	۰،۳۵	۰،۳۶
ايزوليوسين	۰،۲۵	۰،۲۶
ليوسين	۰،۷۰	۰،۷۲
لايزين	۰،۷۸	۰،۸۳
ميټيونين	۰،۱۸	۰،۲۰
فينايل الانين	۰،۴۲	۰،۴۴
تريونين	۰،۶۴	۰،۶۵
تايروزين	۰،۴۹	۰،۵۱
والين	۰،۶۹	۰،۷۲

ليپيډونه

ليپيډونه د تازه هگي د ژيرو اساسي ترکيب دی، چې شاوخوا ۳۰ سلنه د هگي د ژير تشکيلوي. د هگيو ژيرو د ليپيډونو له جملې څخه ۶۲٪ ترای گليسرايدونو (Triglyceroides)، ۳۳٪ د فاسفوليپيډونو

(Phospholipids) او له ۵٪ څخه په کمه اندازه کولسترول (Cholesterol) دي. سربېره پر دې، د هګیو ژېړو کې کاروتینویدونه (Carotenoids) شاوخوا ۱٪ موجود دي، چې د هګی ژېړو ته یې ځانګړی رنګ ورکړی دی (Anton, 2007). د هګیو ژېړ د انسانانو لپاره د شحمیاتو یوه مهمه سرچینه ده (Pintea et al., 2012). مات او ملګرو یې (۲۰۰۹) په یوه څېړنه کې وموندله چې هغه Hy-Line هګی ورکونکې چرګې، چې په قفسونو کې ساتل شوې وې، د هغو چرګو په پرتله چې بهرني محیط ته خوشې شوې وې (Free-range)، د هګیو د شحمیاتو اندازه یې لوړه وه. د قفسونو چرګو د هګیو شحمیات (۸,۸۸٪) او د آزاد چاپیریال چرګو د هګیو شحمیات (۷,۹۴٪) ثبت شوي وو.

برعکس، Samman او ملګرو یې (۲۰۰۹) څېړنې پر اساس هغه چرګې چې په آزاد چاپیریال کې ساتل شوې وې، د ترلاسه شوو هګیو د شحمیاتو کچه د قفسونو د چرګو د هګیو په پرتله نسبتاً لوړه وه؛ د آزادو چرګو د هګیو شحمیات (۴,۴۷٪) او د قفسونو چرګو شحمیات (۴,۱۱٪) ثبت شوي وه. Anderson (۲۰۱۰) د یوې څېړنې په پایله کې وموندل چې؛ هغه چرګې چې د یو وخت لپاره آزاد چاپیریال ته خوشې کیدې د هغو چرګو په پرتله چې په قفسونو کې روزل کیدې په زیاته کچه شحمیات لري، نو پر همدې اساس ویلای شو چې کورنۍ چرګې د ورځې زیاته برخه د کور څخه بهر په آزاد چاپیریال کې تیره وي او په چاپیریال کې د موجوده نباتاتو، سبزیجاتو او حشراتو څخه استفاده کوي، له همدې امله ده چې د شحمیاتو اندازه یې د فارمی چرګو په نسبت زیاته وي. دا په داسې حال کې ده چې یو شمیر څېړنو موندلې ده چې د روزنې سیستمونه د هګیو په شحمیاتو اغیزه نه لري (Pavlovski et al., 2011; Karsten et al., 2010; Hidalgo et al., 2008; Minelli et al., 2006; Rizzi et al., 2007).

ویتامینونه

په هګیو کې د ویتامینونو غلظت له یو شمېر فکتورونو لکه جنیتیک، د چرګې په واسطه د هګی د اندازې کچه او چرګو ته د ورکونکې تغذیې سره تړاو لري (Leeson and Caston, 2003). هګی په غذایی رژیم کې د ویتامینونو د یوې مهمې طبیعي سرچینې په ډول پیژندل شوې ده (Matt et al., 2011). هغه چرګې چې په آزاد چاپیریال کې روزل کېږي او بیلابیلو خوړو ته لاسرسی لري، دا ډول هګی په زیاته کچه ویتامینونه لري (Mattocks, 2002; Sirri and Barroeta, 2007).

د روزنې هغه سیستمونه چې چرګې پکې په ازاد ډول روزل کېږي، د هګیو کیمیاوي ترکیب تغیروي تر څو د مشتریانو تقاضاوې د هګی د رنګ د شدت، ویتامینونو او غیر مشبوع شحمی تیزابونو د زیاتوالي پر اساس پوره کړي (Egerer and Grashorn, 2008). هغه هګی چې د کورنیو چرګو د روزنې څخه لاسته راځي، د هغو چرګو د هګیو په پرتله چې په تجارتي ډول ورته مخلوطې غذاګانې ورکول کېږي، په زیاته اندازه الفا توکوپیرول (α -tocopherol) او الفالینولیک اسید (α -linolic acid) لري (Lopez-Bote et al., 1998). د یوې بلې څېړنې په پایله کې ثابت شوه چې د Greenleg partridge

چرگو په هگی کې چې د ارگانیک (Organic)، کورني (Backyard) او عنعوني (Conventional) سیستمونو لاندې روزل کیدلې، د ویتامینونو اندازه یې پرتله کړه. د ویتامین A اندازه یې په درې واړو سیستمونو کې د روزل شویو چرگو هگیو کې (۵,۸ میکروگرام/گرام)، (۶,۳ میکروگرام/گرام) او (۵,۱ میکروگرام/گرام) او د ویتامین E اندازه یې (۹۱,۳۳ میکروگرام/گرام، ۳۶,۴۲ میکروگرام/گرام او ۸۴,۰۵ میکروگرام/گرام په ترتیب سره وو، چې مقدار یې په احصایوي ډول توپیر درلود) (Krawczyk, 2009). د یوې بلې کتابتوني څیړنې پر بنسټ، د الفا توکوپیروول اندازه په White Comb Leghorn هگی وړکونکو چرگو کې چې په Free-range (د ورځې په جریان کې د یو وخت لپاره آزاد چاپیریال ته خوشې کیږي) ډول روزل کیدې زیات وو (۸۶,۲۲ میکروگرام/گرام) نسبت هغو ته چې په Conventional (چرگې په قفسونو کې روزل کیږي) ډول روزل کېدلې (۶۵,۵۸ میکروگرام/گرام) (Rankonjac, 2014). سربیره پردې، د یوې څیړنې پایلو ښودلې چې په قفسونو کې د ساتونکو چرگو د هگیو په پرتله د کورنیو چرگو هگی ۳/۲ برابره زیات ویتامین A او ۳ برابره زیات ویتامین E لري (Long and Alterman, 2007). علاوه پردې، کارستن او ملگرو (۲۰۱۰) یې د ودې په حالت کې د بیلابیلو نباتاتو اغیزې د هگیو په تغذیوي کیفیت باندې ارزولي دي او موندلې یې ده چې کورنی چرگې، په قفسونو کې د ساتونکو چرگو په پرتله داسې هگی تولیدوي چې ۳۸٪ زیات ویتامین A او دوه برابره زیات ویتامین E لرونکي وي.

سربیره پر دې، د ویتامین E محتویات د هغو چرگو په هگیو کې چې په یوه داسې محدوده کې روزل کیدلې چې چمن یې درلود د هغو چرگو د هگیو په نسبت چې په یوه داسې محدوده کې روزل کیدلې چې لیوگیومي نباتات یې درلودل د اهمیت وړ زیات وو ($P < 0.05$). دا پایلې د دې تائید کوي چې د روزنې سیستمونه شحمو کې منحل ویتامینونو په محتویاتو باندې مستقیمې اغیزې لري.

کولسترول

په هگیو کې د کولسترول شتون د جنین (Embryo) په پرمختګ کې خورا مهم رول لري. دا عضوي مرکب د حجروي غشاء جوړښتیزه برخه ده او د هورمونونو، ویتامین D او د صفراوي تیزابونو لپاره د مخکې جوړونکې مادې (Precursor) په توګه دنده تر سره کوي (Anton, 2007). په هگیو کې د کولسترول غلظت د هگی وړکونکو چرگو په عمر، نسل، مدیریت، تغذیې او په کمه اندازه په ځیګر کې د دې مرکب په جوړیدو پورې اړه لري (Matt et al., 2009).

په قفسونو کې د ساتونکو چرگو د هگیو پر پرتله، د کورنیو چرگو هگی ۳/۲ برابره زیات کولسترول لري (Rankonjac, 2014). دې ته ورته موندنو راپور په ۱۹۷۰ کال کې د Kilikides په واسطه ورکړل شوی وو. سربیره پردې، د کورنیو چرگو د کولسترول اندازه د فارمی چرگو د هگیو په پرتله زیاته ده چې په کورنیو چرگو کې یې اندازه (۱۳,۸۳ ملي ګرام/۱۰۰ ګرام ژېړو) او په فارمی چرگو کې اندازه (۱۲,۸۹)

ملي گرام/ ۱۰۰ گرام) دی (Long and Alterman, 2007). د يوې څيړنې د پايولو له مخې، د هگيو کولسترول د سيروم کولسترول په کچه کوم منفي اغېز نه لري. همدارنگه، د زړه د کورونري ناروغيو (Coronary diseases) او د غذا له لارې د اخيستل شويو هگيو د کولسترول ترمنځ د پام وړ اړيکه نه ده موندل شوې (Hu et al., 1999).

شحمي تيزابونه

له حيواناتو څخه ترلاسه کيدونکي شحمي تيزابونه د څيړونکو توجه د انساني روغتيا باندې د گټورو تاثيراتو د لرلو له امله جلب کړي دي. ځانگړې اهميت اوميگا-۳ (Omega 3) او اوميگا-۶ (Omega 6) شحمي تيزابونو، او د دوی تناسب ته ورکړل شوی دی. د Omega 6 نه تر Omega 3 شحمي تيزابونو مطلوب تناسب ۱:۱۰ يا د دې څخه کم دی (Simopoulos, 2000). څو قيمته غير مشوع اوميگا-۳ شحمي تيزابونه د دماغو ساتنې او پرمختگ په شمول د مختلفو پتالوژيکي حالتونو په ځانگړي ډول د زړه او رگونو ناروغيو او همدارنگه د ځينو ذهني اختلالاتو لکه فشار، خفگان او ليونتوب په مخنيوي کې مهم رول لري؛ نو پر همدې اساس، د غذا له لارې د اوميگا-۳ شحمي تيزابونو اخيستل ډير مهم دي تر څو د دماغ وظيفه او جوړښت، په ځانگړي ډول د ودې او زړښت په دوران کې وساتل شي. د اوميگا-۳ شحمي تيزابونو څخه د غني هگيو استفاده د هغو ناروغانو لپاره چې په وينه کې د کولسترول د زياتوالي څخه ځوريري، د لپيدونو جوړښت ته بدلون ورکوي، پلازما ترايگلايسرايدونه او د دمويه صفحاتو تجمع کموي (Bourre, 2005). O'Brien او Andrews وموندله چې په هگيو کې اوميگا-۳ شحمي اسيدونه د انسانانو په روغتيا باندې گټور اغيزې لري (O'Brien and Andrews, 1993). د يوې بلې مطالعې د راپور له مخې، اوميگا-۳ شحمي تيزابونو لرونکې هگي د زړه ناروغيو لپاره خطري فکتورونه کموي (Samman et al., 2009).

د يوې څيړنې د موندنو له مخې، هغه چرگې چې په آزاد چاپيريال کې ساتل کيدې، د اوميگا-۳ شحمي تيزابونو اندازه يې ۳،۰۲٪ وه، او هغه چرگې چې په قفسونو کې ساتل کيدې د اوميگا-۳ شحمي تيزابونو اندازه يې ۱،۱۶٪ وه. په ټوله کې ويلای شو چې په آزاد چاپيريال کې د ساتونکو چرگو په هگيو کې د اوميگا-۳ شحمي تيزابونو دا توپير د چرگو په وسيله د نباتاتو په مصرف کولو پورې اړه لري، په داسې حال کې چې د اوميگا-۶ شحمي تيزابونو اندازه په هغو چرگو کې چې په قفسونو کې ساتل کيدې، زيات وه (Rankonjac, 2014).

منرالونه

د هگي ژيړ او کاروتينايد

هگي د ضروري منرالونو له جملې څخه اوسپنه، زينک، فاسفورس، کلسيم، مس، مگنيزيم، منگانيز او سيلينيوم لري. نوموړي منرالونه د بدن د بيلابيلو دندو لکه د اکسيجن انتقال، د معافيتي سيستم

تقويه، د هاپوکو د روغتيا تحریک کول، او د اکسیداتیف فشارونو په مقابل کې د محافظت کولو دنده پر غاړه لري (Réhault-Godbert et al., 2019). په هگیو کې د منرالونو مقدار د روزنې سیستمونو پر بنسټ توپیر کوي. هغه چرگې چې په آزاد چاپیریال کې په کورونو کې ساتل کېږي، د فارمی چرگو د هگیو په پرتله په زیاته اندازه منرالي مواد لري. یوه څېړنه چې Kuçukyılmaz او ملگرو (۲۰۱۲) په واسطه په هگیو کې د منرالونو د اندازو د معلومولو په موخه ترسره شوې وه، په پایله کې وموندله چې؛ هغه هگی چې په آزاد چاپیریال کې د چرگو لخوا تولیدیږي، په زیاته اندازه منرالونه لري نسبت هغو هگیو ته چې د قفسونو په سیستم (Cage system) کې د چرگو لخوا تولیدیږي. همدارنگه، د یوې بلې څېړنې د پایلو پر بنسټ چې په (جدول ۴) کې ښودل شوي هم وښودله چې په فارمونو کې د روزل کیدونکو چرگو په واسطه د تولید شویو هگیو په پرتله د کورنیو چرگو په واسطه تولید شوې هگی په زیاته اندازه منرالونه لري (Heflin et al., 2018).

جدول (۴): د کورنیو او فارمی چرگو په هگیو کې د منرالونو پرتله کول وړاندې کوي (Heflin et al., 2018).

منرالونه (ملي ګرام/۱۰۰ ګرام د ټولې وچې هگی)	د کورنی چرگو هگی	د فارمی چرگو هگی
کلیسیم	۲۳۰	۲۱۰
مس	۰,۲۴	۰,۲۲
اوسپنه	۷,۷۰	۷,۵۹
پوتاشیم	۵۱۴	۵۳۳
مگنیزیم	۵۱,۰	۵۰,۸
منګانیز	۰,۱۹	۰,۱۳
فاسفورس	۷۸۰	۷۲۱
زینک	۵,۱۰	۴,۴۴

د هگی ژېړ او کاروتینایډ

د هگیو ژېړ د هگیو یوه مهمه برخه ده چې رنګ یې د کاروتینایډونو (Carotinoids) په ځانګړي ډول د زانتوفیل (Xanthophyl)، لیوتین (Leutine) او زاګستین (Zeaxanthin) خوراک پورې اړه لري او همدارنگه په زیاته اندازه د ذخیره کیدو توانیې لري (Hammershøj et al., 2010). لیوتین او زاګستین د انسانانو د روغتیا لپاره د انټي اوکسیدانت (Antioxidant) ځانګړتیا لري، چې په عمر پورې اړوند د Macular Degeneration (د سترګې د قرنيې برخې د زیانمن کیدو) څخه یې ساتنه کوي (Granado et al., 2003). د هگی د تجارتي کیفیت د معلومولو لپاره د هگی ژېړ یو مهم فکتور دی چې مصرف کوونکي او صنعت کاران د هگیو د ژېړو زیات رنګ ته ترجیح ورکوي. په داسې حال کې چې د هگی د ژېړو رنګ د چرگو د تغذیې، په غذا کې د کاروتینایډونو په اندازې، او د نباتاتو څخه د ګټه پورته کولو پورې اړه لري. هغه چرگې چې په قفسونو کې ساتل کېږي، د کاروتینایډونه (Canthaxanthin)، د Apocarotenoid مشتقات لکه Beta-apro-8' کاروتینیک اسید، ایټایل استر او نور... په طبیعي

ډول نه شي ترلاسه کولای چې په پایله کې یې د هګیو ژپرو رنگ د کورنیو هګیو سره توپیر لري. د دې برعکس، د فارمی هګیو د ژپرو د رنگ د زیاتوالي په موخه باید د نورو غذایی موادو ترڅنګ، کارټینایډونو لرونکي غذا لکه سره مرچک چې Capsanthin لري، جعفری گل (Clendula) چې د لیوتین څخه غني دی، ورته ورکړل شي او یا هم ورته په فارمولشن کې اضافه کړل شي. له بل پلوه، هغه چرګې چې په کورني ډول روزل کېږي، کولای شي د کور نه د باندې د رنگونو څخه غني غذاګانو او د گیانو (په شمول د ځوانو صحرايي اوربشو، وایت کریس یا Wite Cress، فیسکو یا Fescue، رشقه او ژپرګلی) څخه چې په طبیعي ډول د کاروتینایډونه څخه غني دي، په مصرف ورسوي (Karadas et al., 2006; Islam et al., 2017).

۲. پایله

له دې نه چې هګی په زیاته اندازه مغذي مواد لري؛ نو د انسانانو لپاره د مغذي موادو یوه مهمه سرچینه ده. د پورته لیکنې څخه دا جوت شوه چې د کورنیو او فارمی چرګو د هګیو د کیمیاوي ترکیب، خوند او کیفیت ترمنځ د پام وړ توپیر شتون لري. کورنی چرګې د کور د ضایعاتو په شمول د حشراتو، سبزیجاتو او له کور څخه بهر په پراخه اندازه متنوع غذا ته لاسرسی لري چې په پایله کې یې د هګی خوند او د هګی مغذي منځپانګې لکه ویتامینونو، کاربوهایډریتونو، شحمیاتو، امینواسیدونو، پروتینونو، انټي اوکسیدانت ځانګړتیاوو او د کارټینایډونو اندازه یې د فارمی چرګو د هګیو په پرتله زیات دي. نو په همدې اساس ویلای شو چې کورنی هګی د فارمی هګیو پر پرتله د بدن د روغتیا او ژوند ساتنې لپاره مهمې دي. د همدې موادو د لرلو په اساس د کورنیو چرګو د هګیو خوند نسبت د فارمی چرګو پر پرتله ذایقه لرونکی او همدارنګه د بدن پر روغتیا لپاره ګټوری دی. د روزنې سیستمونه هم د هګیو کیفیت متاثره کوي، هغه دا چې فارمی چرګې په فارم کې له یو لړ شرایطو لاندې ساتل کېږي او له فارم څخه بهرنی محیط ته ګرځیدو او غذایی موادو ترلاسه کولو په موخه کم لاسرسی لري، چې پر اساس یې د کورنی چرګو د هګیو په پرتله یې رنگ، خوند او مغذي مواد یې کمزوري وي. د نوموړې لیکنې پر بنسټ په پایله کې ویلای شو چې د کورنی چرګو هګی د ذایقې او انساني روغتیا له پلوه د فارمی چرګو د هګیو په پرتله غښتلې او مصرف کوونکو ته یې د مصرف توصیه کوو.

3. اخځلیکونه

Anderson, K. (2010). Range egg production, is it better than in cages. MPF Convention, March,

Anton, M. (2007). Composition and structure of hen egg yolk. In *Bioactive egg compounds* (pp. 1-6). Springer.

Bedrani, L., Helloin, E., Guyot, N., Réhault-Godbert, S., & Nys, Y. (2013). Passive maternal exposure to environmental microbes selectively

modulates the innate defences of chicken egg white by increasing some of its antibacterial activities. *BMC microbiology*, 13(1), 128.

Bourre, J. (2005). Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: what is actually useful. *J Nutr Health Aging*, 9(4), 232-242.

Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat science*, 60(3), 219-225.

Denli, M., Bukun, B., & Tutkun, M. (2016). Comparative performance and egg quality of laying hens in enriched cages and free-range systems.

DiMarco, D. M., Norris, G. H., & Millar, C. L. (2019). Chapter 16 - Egg Consumption and Human Health. In V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *The Impact of Nutrition and Statins on Cardiovascular Diseases* (pp. 273–284).

Dunn, I. (2011). Poultry breeding for egg quality: traditional and modern genetic approaches. In *Improving the safety and quality of eggs and egg products* (pp. 245-260). Elsevier.

Egerer, U., & Grashorn, M. (2008). Integrated assessment of egg quality by biophoton measurement. *Konstanz, Tierärztliche Umschau*. 63(3), 150-158.

English, M. M. (2021). The chemical composition of free-range and conventionally-farmed eggs available to Canadians in rural Nova Scotia. *PeerJ*, 9, e11357.

Filipiak–Florkiewicz, A., Dereń, K., Florkiewicz, A., Topolska, K., Juszczak, L., & Cieślik, E. J. P. S. (2017). The quality of eggs (organic and nutraceutical vs. conventional) and their technological properties. 96(7), 2480-2490.

Granado, F., Olmedilla, B., & Blanco, I. (2003). Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British journal of Nutrition*, 90(3), 487-502.

Grundy, M. M. L., & Kerimi, A. (2021). Chapter 27 - Eggs: Nutritional Composition and Health Benefits. In N. P. Seeram & D. M. Kang (Eds.), *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention (Second Edition)* (pp. 471–487). Academic Press.

Hammershøj, M., Kidmose, U., & Steinfeldt, S. (2010). Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(7), 1163-1171.

Heerkens, J. L., Delezie, E., Kempen, I., Zoons, J., Ampe, B., Rodenburg, T. B., & Tuytens, F. A. (2015). Specific characteristics of the aviary housing system affect plumage condition, mortality and production in laying hens. *Poultry Science*, 94(9), 2008-2017.

Heflin, L. E., Malheiros, R., Anderson, K. E., Johnson, L. K., & Raatz, S. K. (2018). Mineral content of eggs differs with hen strain, age, and rearing environment. *Poultry Science*, 97(5), 1605-1613.

Hidalgo, A., Rossi, M., Clerici, F., & Ratti, S. (2008). A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food chemistry*, 106(3), 1031-1038.

Hu, F. B., Stampfer, M. J., Manson, J. E., Rimm, E. B., Wolk, A., Colditz, G. A., Hennekens, C. H., & Willett, W. C. (1999). Dietary intake of α -linolenic acid and risk of fatal ischemic heart disease among women. *The American journal of clinical nutrition*, 69(5), 890-897.

Islam, K. M., Khalil, M., Männer, K., Raila, J., Rawel, H., Zentek, J., & Schweigert, F. J. (2017). Lutein specific relationships among some spectrophotometric and colorimetric parameters of chicken egg yolk. *The journal of poultry science*, 54(4), 271-277.

Karadas, F., Grammenidis, E., Surai, P., Acamovic, T., & Sparks, N. (2006). Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. *British poultry science*, 47(5), 561-566.

Karsten, H., Patterson, P., Stout, R., & Crews, G. (2010). Vitamins A, E and fatty acid composition of the eggs of caged hens and pastured hens. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(1), 45-54.

Kilikides, S. (1970). Comparative study of the eggs of commercially reared hens and those on free range. 1. Cholesterol and lipids in egg yolk.

Krawczyk, J. (2009). Quality of eggs from Polish native Greenleg Partridge chicken-hens maintained in organic vs. backyard production systems. *Animal Science Papers and Reports*, 27(3), 227-235.

Küçükyılmaz, K., Bozkurt, M., Herken, E. N., Çınar, M., Çatlı, A. U., Bintaş, E., & Çöven, F. (2012). Effects of rearing systems on performance, egg characteristics and immune response in two layer hen genotype. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(4), 559.

Küçükyılmaz, K., Bozkurt, M., Yamaner, C., Çınar, M., Çatlı, A., & Konak, R. (2012). Effect of an organic and conventional rearing system on the mineral content of hen eggs. *Food chemistry*, 132(2), 989-992.

Leeson, S., & Caston, L. (2003). Vitamin enrichment of eggs. *Journal of Applied Poultry Research*, 12(1), 24-26.

Leeson, S., Caston, L., & Summers, J. D. (2005). Broiler production under varying population densities. *Poultry Science*, 84(10), 1448-1452.

Long, C., & Alterman, T. (2007). Meet real free-range eggs: the new results are in: eggs from hens allowed to peck on pasture are a heck of a lot better than those from chickens raised in cages! *Mother Earth News*(224), 42-47.

Lopez-Bote, C., Arias, R. S., Rey, A., Castano, A., Isabel, B., & Thos, J. (1998). Effect of free-range feeding on n-3 fatty acid and α -tocopherol content and oxidative stability of eggs. *Animal Feed Science and Technology*, 72(1-2), 33-40.

Matt, D., Rembalkowska, E., Luik, A., Peetsmann, E., & Pehme, S. (2011). Quality of organic vs. conventional food and effects on health: report. *Estonian University of Life Sciences*. 66-70

Matt, D., Veromann, E., & Luik, A. (2009). Effect of housing systems on biochemical composition of chicken eggs. *Agronomy research*, 7(2), 662-667.

Mattocks, J. (2002). Pastured-raised poultry nutrition. *Prepared for Heifer International*.

Minelli, G., Sirri, F., Folegatti, E., Meluzzi, A., & Franchini, A. (2007). Egg quality traits of laying hens reared in organic and conventional systems. *Italian Journal of Animal Science*, 6(sup1), 728-730.

O'Brien, B. C., & Andrews, V. G. (1993). Influence of dietary egg and soybean phospholipids and triacylglycerols on human serum lipoproteins. *Lipids*, 28(1), 7-12.

Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Lukić, M., Lilić, S., Krnjaja, V., Stanišić, N., & Petričević, V. (2011). Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content in table eggs from different genotype hens. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3), 669-677.

Pignoli, G., Rodriguez-Estrada, M. T., Mandrioli, M., Barbanti, L., Rizzi, L., & Lercker, G. (2009). Effects of different rearing and feeding systems on lipid oxidation and antioxidant capacity of freeze-dried egg yolks. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(24), 11517-11527.

Pintea, A., Dulf, F. V., Bunea, A., Matea, C., & Andrei, S. (2012). Comparative analysis of lipophilic compounds in eggs of organically raised ISA Brown and Araucana hens. *Chemical papers*, 66(10), 955-963.

Rakonjac, S., Bogosavljević-Bošković, S., Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Dusković, V., Petrović, M. D., & Petričević, V. (2014). Laying hen rearing systems: a review of chemical composition and hygienic conditions of eggs. *World's Poultry Science Journal*, 70(1), 151-164.

Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*, *11*(3), 684.

Rizzi, L., Simioli, M., Martelli, G., Paganelli, R., & Sardi, L. (2006). Effects of organic farming on egg quality and welfare of laying hens.

Samman, S., Kung, F. P., Carter, L. M., Foster, M. J., Ahmad, Z. I., Phuyal, J. L., & Petocz, P. (2009). Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food chemistry*, *116*(4), 911-914.

Simopoulos, A. (2000). Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, *79*(7), 961-970.

Sirri, F., & Barroeta, A. (2007). Enrichment in vitamins. In *Bioactive egg compounds* (pp. 171-182). Springer.

Zahir, A., Shen, Z., Rui, X., Huang, J., Hamdard, E., Dong, M. J. I. J. o. A. S., & Technology, F. (2020). Antioxidant and ACE-inhibitory activity of common bean whey fortified yoghurt with assessed by in vitro static gastrointestinal digestion. *6*(1), 011-021.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol.1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

تعیین رژیم بهره برداری ساختمان‌ها بر اساس نوع تسلط هوا بر نواحی مختلف
اقلیمی افغانستان

Determining the operating regime of buildings based on the type of weather prevailing in different climatic regions of Afghanistan

1. Saied Hamayon Shah Akbari ¹ 

PhD, Professor, Faculty of Engineering, Balkh University

2. Edries Jalal 

Teaching Assistant, Faculty of Engineering, Balkh University

Received: 29/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

This study aims to investigate the role of climate in the engineering design of buildings and cities. Climate, as a multi-year regime of weather conditions, has a direct impact on the shape, materials, and operation of buildings. In this study, focusing on the climatic conditions of Afghanistan, the relationship between seven types of weather patterns (hot, hot-dry, a bit warm, moderate, a bit cold, cold, and very cold) and four building operation regimes (open, semi-open, closed, and insulated) was analyzed. The research materials and methods included collecting climate data from national and international sources, using meteorological indicators such as temperature, relative humidity, solar radiation intensity, wind speed, and rainfall, and adapting them to climate-based design criteria. The research method which was used for this study was analytical-descriptive approach and using field studies in different climatic regions of Afghanistan. To analyze the data, a comparative comparison between climatic conditions

¹. Email: saiedhamyounshah81@gmail.com

and construction needs was used, and correlation tables between weather type and operation regime were extracted.

The finding of this research shows that by choosing appropriate operating regime based on climate type, it is possible to improve the thermal comfort of residents, save energy consumption, and increase the lifespan of buildings. The finding can provide a scientific basis for urban planning, sustainable building design, and energy consumption optimization in Afghanistan and similar regions.

Keywords: Engineering climatology, climate-based design, operating regime, sustainable building, Afghanistan.

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی نقش اقلیم در طرح‌ریزی مهندسی ساختمان‌ها و شهرها انجام شده است. اقلیم به‌عنوان رژیم چندین‌ساله شرایط جوی، تأثیر مستقیم بر شکل، مواد، و نحوه بهره‌برداری ساختمان‌ها دارد. در این تحقیق، با تمرکز بر شرایط اقلیمی افغانستان، ارتباط میان هفت نوع الگوی آب‌وهوا (گرم، گرم خشک، نسبتاً گرم، معتدل، نسبتاً سرد، سرد و بسیار سرد) و چهار رژیم بهره‌برداری ساختمانی (باز، نیمه‌باز، بسته و عایق‌شده) تحلیل گردید. مواد و روش تحقیق شامل گردآوری اطلاعات اقلیمی از منابع ملی و بین‌المللی، استفاده از شاخص‌های هواشناسی نظیر حرارت، رطوبت نسبی، شدت تابش آفتاب، سرعت باد و بارندگی، و تطبیق آنها با معیارهای طراحی اقلیم‌محور بوده است. روش تحقیق بر پایه رویکرد تحلیلی-توصیفی و استفاده از مطالعات میدانی در نواحی مختلف اقلیمی افغانستان صورت گرفت. برای تحلیل اطلاعات، از مقایسه تطبیقی میان شرایط اقلیمی و نیازهای ساختمانی استفاده شد و جدول‌های ارتباطی میان نوع هوا و رژیم بهره‌برداری استخراج گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با انتخاب رژیم بهره‌برداری متناسب با نوع اقلیم، می‌توان ضمن ارتقای آسایش حرارتی ساکنان، در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد و طول عمر بناها را افزایش داد. این یافته‌ها می‌تواند مبنای علمی برای برنامه‌ریزی شهری، طراحی ساختمان‌های پایدار و بهینه‌سازی مصرف انرژی در افغانستان و مناطق مشابه فراهم سازد.

کلمات کلیدی: اقلیم‌شناسی مهندسی، طراحی اقلیم‌محور، رژیم بهره‌برداری، ساختمان پایدار،

افغانستان

۱. مقدمه

هدف اصلی در این تحقیق مسایل اقلیمی و طرح ریزی ساختمان‌ها در شهرها می‌باشد. نسبت این‌که شرایط آب و هوا به موازات سایر عوامل محیطی از مهمترین عوامل مؤثر در شکل‌گیری و تکوین شهرها و تداوم حیات شهری بشمار می‌آید.

در واقع شهرها، عناصر شهری (ساختمان‌های مسکونی، اداری، تجاری، خدماتی و فضاهای سبز و باز و عملکرد آن‌ها همواره از عناصر و عوامل آب و هوا متأثر بوده و هستند. این تاثیر پذیری تا قبل از پیدایش ما در شهرها و شهری‌های بزرگ تقریباً یک سویه بوده و از آن به بعد شهرها نیز در اوضاع اقلیمی فضای پیرامون خود تاثیر گذاشته و تغییرات اقلیمی موجوده را پدید آورده‌اند. به گونه‌ای که امروزه یک قلمرو اقلیمی خاص به نام میکروکلیمای شهری ظهور یافته و مطالعات مربوط تحت عنوان آب و هوا شناسی شهری مطرح گردیده است.

در ارتباط میان پروژه‌های ساختمانی و شرایط جوی یا اقلیمی، دو بُعد اساسی قابل شناسایی است

که ماهیت این تعامل را تبیین می‌نماید:

اول: اثرات آب و هوا بروی طرح و شکل ساختمان و استقرار آن،
دوم: اثرات مستقیم آب و هوا بروی فعالیت‌های ساختمانی. نظر به موارد ذکر شده و برنامه ریزی مربوط به آن موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

الف: مکان یابی مناسب و مطلوب،

ب: سازمان‌دهی و جانمایی ساختمان‌ها در ارتباط با یکدیگر، باید متناسب با الگوهای اقلیمی و میزان تأثیرپذیری آن‌ها از عوامل محیطی صورت گیرد.

ج: دوام و پایداری مواد مورد استفاده در برابر شرایط و عوامل جوی از جمله معیارهای اساسی در طراحی و اجرای ساختمان‌ها به شمار می‌رود.

د: پلان، شکل و طراحی ساختمان نسبت به شرایط آب و هوا.

ه: ضرایب راحتی و آسایش مبتنی بر یک معماری هم ساز با اقلیم.

۱,۱. هدف تحقیق

هدف این تحقیق عبارت است از:

۱. شناسایی نوع تسلط هوا بر نواحی مختلف اقلیمی افغانستان.
۲. تعیین رژیم بهره‌برداری مناسب برای هر نوع اقلیم.
۳. ارائه چارچوب علمی برای برنامه‌ریزی مهندسی ساختمان با توجه به شرایط اقلیمی.

۱,۲. پرسش‌های تحقیق

۱: مطالعه اقلیم شناسی چی تاثیرات بالای طرح ریزی مهندسی شهرها و ساختمان‌ها دارد؟

۲: آیا ارتباطات بین نوع تسلط هوا و رژیم بهره‌برداری در ساختمان‌ها وجود دارد؟

۳: تاثیرات مخرب استفاده از مواد ساختمان فلزی در هوای مرطوب چیست؟

۱ چالش‌ها

- کمبود اطلاعات اقلیمی دقیق: سیاری از مناطق فاقد ایستگاه‌های پایش منظم می‌باشند.
- عدم انطباق تکنولوژی‌های ساختمانی با شرایط اقلیمی بومی.
- هزینه بر بودن مصالح و تجهیزات عایق حرارتی.
- مشکلات در آموزش تخصصی اقلیم‌شناسی انجیرری برای معماران و انجیران.

۲. پیشینه تحقیق

مطالعه اقلیم‌شناسی مهندسی به‌عنوان شاخه‌ای میان‌رشته‌ای میان مهندسی ساختمان، معماری و جغرافیای طبیعی، از دهه‌های پایانی قرن بیستم مورد توجه محققان قرار گرفته است. با توجه به روند فزاینده شهرنشینی، رشد سریع جمعیت، و بروز بحران‌های زیست‌محیطی ناشی از تغییرات اقلیمی، توجه به مطالعات اقلیم‌محور در جریان طراحی معماری، به‌ویژه در مناطق دارای شرایط آب‌وهوای سخت همچون اقلیم‌های گرم و خشک یا بسیار سرد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این رویکرد می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای پایداری محیط‌زیست، کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت زیست در محیط‌های انسانی ایفا کند. اهمیت روزافزون یافته‌اند.

در مطالعات انجام‌شده توسط Olgay (2015)، مبانی بیوکلیماتیک در معماری را مطرح می‌کند. وی توضیح می‌دهد که فرم، جهت‌گیری و مواد ساختمان باید متناسب با شرایط اقلیمی طراحی شوند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که طراحی اقلیم‌محور می‌تواند مصرف انرژی را کاهش داده و آسایش حرارتی طبیعی برای ساکنان ایجاد کند. این یافته‌ها ارتباط مستقیم با تحقیق حاضر دارند زیرا در افغانستان نیز می‌توان با انتخاب رژیم بهره‌برداری متناسب با اقلیم، بهره‌وری انرژی و راحتی ساکنان را ارتقا داد. Givoni (1998)، نیز چارچوبی برای تحلیل عملکرد حرارتی ساختمان‌ها در مناطق مختلف اقلیمی ارائه داده و نشان داد که تهویه طبیعی، سایه‌پردازی، و مواد محلی می‌توانند جایگزین مناسب برای سیستم‌های مکانیکی پرمصرف باشند.

در افغانستان، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، مهندسان تلاش داشته‌اند تا ارتباط میان شرایط اقلیمی ناحیه‌ای (مانند رطوبت نسبی، تشعشع خورشید، بارندگی و وزش باد) و نوع بهره‌برداری ساختمانی را مستند سازند. در این راستا، اکبری و جلال (۲۰۲۳) طی مطالعه‌ای میدانی، نوع رژیم بهره‌برداری را در چهار دسته (باز، نیمه‌باز، بسته و عایق‌شده) با هفت اقلیم مسلط مطابقت داده و مدل مناسبی برای طراحی ساختمانی اقلیم‌محور در افغانستان ارائه دادند.

مطالعات مشابهی در سایر کشورهای دارای اقلیم مشابه نیز انجام شده است. به‌عنوان مثال، Mahmoudi et al. (2020) در ایران، تطابق میان اقلیم و طراحی معماری را با استفاده از شاخص‌های آسایش حرارتی مورد بررسی قرار داده‌اند. Santamouris (2014) در تحقیق خود به بررسی راهکارهای

نوین تهویه در اقلیم‌های گرم و خشک پرداخته و بر نقش کلیدی فناوری‌های با مصرف انرژی پایین در ارتقاء کارایی حرارتی ساختمان‌ها تأکید دارد. یافته‌های این مطالعه، ضرورت بهره‌گیری از سیستم‌های تهویه‌ای کارآمد و سازگار با شرایط اقلیمی را در راستای کاهش بار انرژی و ارتقای پایداری زیست‌محیطی نشان می‌دهد. این یافته‌ها برای مناطق گرم و خشک افغانستان کاربردی است، جایی که رژیم بسته با چنین فناوری‌هایی می‌تواند عملکرد بهتری داشته باشد. (Alwetaishi (2019 در تحقیقی ساختمان‌های سنتی و مدرن مناطق گرم را از نظر آسایش حرارتی مقایسه کرده است. نتایج نشان داد که ساختمان‌های سنتی به دلیل طراحی اقلیم‌محور و استفاده از مصالح بومی عملکرد بهتری در کاهش مصرف انرژی دارند. این یافته‌ها اهمیت بهره‌گیری از تجربه‌های معماری سنتی افغانستان را برای ارتقای بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها نشان می‌دهد. (Watson & Labs (2003 اصول طراحی اقلیم‌محور و روش‌های کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها را ارائه کرده‌اند نتایج نشان می‌دهد که طراحی اقلیمی می‌تواند مصرف انرژی را تا حد زیادی کاهش دهد و کیفیت زندگی ساکنان را بهبود بخشد. این اثر به‌ویژه در افغانستان برای انتخاب رژیم عایق‌شده در مناطق بسیار سرد کاربرد دارد (Szkolay (2008 مبانی علمی طراحی پایدار را معرفی کرده و نشان داده است که طراحی اقلیمی می‌تواند عملکرد انرژی ساختمان‌ها را بهینه کند و آسایش ساکنان را افزایش دهد. این یافته‌ها مبانی نظری لازم را برای تعیین رژیم بهره‌برداری متناسب با اقلیم افغانستان فراهم می‌آورد. (Hede (2008 طراحی نوآورانه مسکن در اقلیم‌های گرم را بررسی می‌کند. وی نشان می‌دهد که با استفاده از طراحی بیوکلیماتیک می‌توان شرایط آسایش حرارتی را فراهم کرد. نتایج این تحقیق برای افغانستان در اقلیم‌های گرم و خشک بسیار مفید است، زیرا رژیم‌های بسته و نیمه‌باز را می‌توان بهینه‌سازی کرد. (Li & Bou-Zeid (2013 ، در تحقیق خود در باره تعامل میان جزایر حرارتی شهری و موج‌های گرما نشان داده‌اند که طراحی دقیق شهری و استفاده از پوشش‌های سبز می‌تواند درجه حرارت محیط را کاهش دهد. این یافته‌ها برای افغانستان کاربردی است زیرا در بسیاری از شهرهای کشور گرمای شدید و جزایر حرارتی مشکلات بزرگی محسوب می‌شوند. (Zolfagharian et al (2020 ، در مقاله خویش درباره مقایسه استراتژی‌های بیوکلیماتیک در مهندسی نشان داده‌اند که برخی استراتژی‌ها در مناطق گرم و خشک مناسب در اقلیم‌های افغانستان قابل استفاده‌اند. (Nicol, Humphreys & Roaf (2012 ، اصول آسایش حرارتی تطبیقی را معرفی کرده‌اند. آنها نشان می‌دهند که آسایش حرارتی می‌تواند از طریق سازگاری طراحی ساختمان‌ها با رفتار و انتظارات ساکنان حاصل شود. این نتایج برای افغانستان اهمیت دارد زیرا انتخاب رژیم‌های باز یا نیمه‌باز در مناطق معتدل می‌تواند به آسایش ساکنان کمک کند.

کسمایی (۱۳۸۹)، تقسیم‌بندی اقلیم‌های مختلف و تأثیر آنها بر طراحی معماری را ارائه کرده است. وی نشان می‌دهد که هر اقلیم نیازمند الگوی خاص از طراحی است. این اثر پایه علمی لازم برای شناخت اقلیم‌های افغانستان و تطبیق آنها با معماری بومی را فراهم می‌آورد.

مرادی و همکاران (1398) در پژوهش خود به تحلیل انرژی در ساختمان‌های اقلیم سرد ایران پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که عایق‌کاری و طراحی فشرده ساختمان‌ها در اقلیم‌های سرد موجب کاهش چشمگیر مصرف انرژی می‌شود. این نتایج برای مناطق کوهستانی سرد افغانستان بسیار کاربردی است. حسینی و صمدی (1396) در پژوهش خود به بررسی نقش بومی‌گرایی در معماری پایدار پرداخته‌اند. آنها نشان داده‌اند که استفاده از مصالح بومی و روش‌های سنتی می‌تواند علاوه بر افزایش کارایی انرژی، موجب افزایش دوام و ماندگاری ساختمان‌ها شود. این یافته‌ها در افغانستان نیز برای انتخاب رژیم‌های بهره‌برداری متناسب با فرهنگ و اقلیم محلی اهمیت دارند. (Brown & DeKay (2014 نقش انرژی‌های طبیعی در طراحی معماری را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده صحیح از نور خورشید و جریان باد می‌تواند نیاز به انرژی مکانیکی را به حداقل برساند. این یافته‌ها برای طراحی ساختمان‌های افغانستان که باید با منابع طبیعی هماهنگ باشند، اهمیت ویژه‌ای دارند.

این پیشینه‌ها نشان می‌دهند که ارتباطی مستقیم میان اقلیم و طراحی ساختمان‌ها وجود دارد. در افغانستان، با توجه به تنوع اقلیمی (گرم خشک، معتدل، سرد و بسیار سرد)، انتخاب رژیم بهره‌برداری مناسب (باز، نیمه‌باز، بسته و عایق‌شده) می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف انرژی، به ارتقای آسایش حرارتی و افزایش دوام ساختمان‌ها منجر شود. این منابع نه تنها پایه علمی تحقیق حاضر را تقویت می‌کنند بلکه مسیر عملی برای طراحی پایدار در افغانستان فراهم می‌سازند.

در جمع‌بندی، می‌توان بیان کرد که ارتباط مستقیم و غیرقابل انکاری میان اقلیم، طراحی شهری، و بهره‌برداری انرژی در ساختمان‌ها وجود دارد. این ارتباط به‌ویژه در کشورهای دارای اقلیم شدید مانند افغانستان، با تأثیرگذاری بر شکل ساختمان، مواد مورد استفاده و تکنولوژی‌های تهویه، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

۳. مواد و روش تحقیق

روش تحقیق این مطالعه بر مبنای رویکرد توصیفی - تحلیلی استوار است. در گام نخست، معلومات اقلیمی افغانستان از منابع معتبر ملی و بین‌المللی گردآوری گردید. شاخص‌های اساسی هواشناسی شامل درجه حرارت، رطوبت نسبی، شدت تابش آفتاب، سرعت وزش باد و میزان بارندگی به‌عنوان متغیرهای کلیدی انتخاب شدند. به‌منظور افزایش دقت و اعتبار یافته‌ها، علاوه بر مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی‌های میدانی در نواحی مختلف اقلیمی کشور نیز انجام شد. داده‌های به‌دست آمده، مبنای شناسایی و طبقه‌بندی هفت نوع اقلیم مسلط افغانستان (گرم، گرم خشک، نسبتاً گرم، معتدل، نسبتاً سرد، سرد و بسیار سرد) قرار گرفت.

در مرحله دوم، اطلاعات گردآوری شده از طریق مقایسه تطبیقی میان شرایط اقلیمی و نیازهای ساختمانی تحلیل شد. در این بخش، روابط میان هفت نوع اقلیم شناسایی شده با چهار رژیم بهره‌برداری ساختمانی

(باز، نیمه‌باز، بسته و عایق‌شده) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در قالب جدول‌های (۱ و ۲) تنظیم گردید. این شیوه تحقیق امکان تدوین چارچوبی علمی برای طراحی اقلیم‌محور و برنامه‌ریزی پایدار شهری را فراهم ساخت. یافته‌ها نشان داد که انتخاب رژیم بهره‌برداری متناسب با شرایط اقلیمی می‌تواند ضمن تأمین آسایش حرارتی ساکنان، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و افزایش دوام و کارایی ساختمان‌ها در افغانستان گردد.

اقلیم در معماری

اهمیت تاثیر اقلیم بر معماری، انجام مطالعات جامع را در این زمینه ایجاب می‌کند. بویژه در کشور ما که تنوع شرایط اقلیمی در آن کاملاً مشهود است. در تقسیمات اقلیمی نقاط مختلف جهان، روشهای گوناگونی پیشنهاد شده که از میان روش‌ها، روش کوپن - دانشمند اتریشی - مورد قبول قرار گرفته است. کوپن براساس رشد و نمو انواع نباتات، اقلیم را در مقیاس جهانی معرفی کرده است که عبارتند از: اقلیم بارانی استوایی: در این اقلیم فصل سرد وجود ندارد و معدل درجه حرارت هوا در سردترین ماه سال بیش از 18 درجه سانتی‌گراد است. اقلیم گرم و خشک: در این مناطق، به دلیل آنکه میزان بارندگی سالانه بخار آب مورد نیاز جهت رطوبت هوا را تأمین نمی‌کند، هوا به طور کلی خشک است. اقلیم گرم-معتدل: معدل دمای هوای سردترین ماه سال در این مناطق بین 18 و 3- درجه سانتی‌گراد و معدل دمای هوا در گرمترین ماه سال بیش از 10 درجه سانتی‌گراد است. در این مناطق زمستان کوتاه است ولی ممکن است حدود یک ماه یا بیشتر زمین یخ بسته یا پوشیده از برف باشد. اقلیم سرد و برفی: در این اقلیم معدل دمای هوا در گرمترین ماه سال بیش از 10 درجه و در سردترین ماه سال کمتر از 3- درجه سانتی‌گراد است. بارندگی در این مناطق معمولاً به صورت برف است و در طول چند ماه از سال زمین پوشیده از برف و یخ است. اقلیم قطبی: در این اقلیم معدل دمای هوا در گرمترین ماه سال کمتر از 10 درجه سانتی‌گراد است. در این جا برخلاف اقلیم بارانی و استوایی فصل گرم وجود ندارد (کسمایی، مرتضی، 1389).

اثرات آب و هوا بر روی طرح ریزی مهندسی ساختمان‌ها و شهرها

اقلیم را می‌توان چنین بیان کرد: الگوی درازمدت و پایدار شرایط جوی است که طی سالیان متمادی در یک گستره وسیع جغرافیایی شکل گرفته و بر پایه شاخص‌های همگون عناصر هواشناسی شناسایی و توصیف می‌گردد. مثلاً اقلیم دامنه کوه، ساحه هموار و غیره. ما در این جا جهت اقلیم شناسی مهندسی را مورد بحث قرار میدهم. اقلیم شناسی مهندسی تاثیرات متقابل اقلیم در ارگانیزشن پلان‌گذاری مهندسی شهرها و تعمیرات را مورد مطالعه قرار میدهد.

در اقلیم شناسی مهندسی هفت نوع هوا از هم دیگر تفکیک میگردد هوای گرم، هوای گرم خشک، هوای نسبتاً گرم، هوای معتدل، هوای نسبتاً سرد، هوا سرد و هوای بسیار سرد.

(جدول ۱) ارتباط رژیم بهره برداری با نوع هوا

نوع هوا	گرم	گرم خشک	نسبتاً گرم	متعدّل	نسبتاً سرد	سرد	بسیار سرد
رژیم بهره‌برداری	عایق شده	بسته	نیمه باز	باز	نیمه باز	بسته	عایق شده

هر کدام از رژیم بهره برداری متذکره توسط خواسته های معین از لحاظ حل پلان گذاری مهندسی انجینیری تخنیکي و ساختمانی تعمیرات تشخیص میگردد. که این خواسته ها در (جدول ۲) ارائه گردیده است.

جدول ۲. خواسته های پلان گذاری مهندسی

رژیم بهره برداری	خواسته های که در برابر حل تعمیرات و ساختمان ها قرار دارد		
	خواسته های در باره حل پلانگذاری مهندسی	در برابر حل ساختمانی عناصر	در برابر حل انجینیری تخنیکي
باز معتدل	اماکن باز لوژها، دالان ها سرپوشیده یا ایوان ها اکثراً پروسه های معیشتی در هوای آزاد صورت میگرد	از لحاظ تغیر یافتن عناصر احاطوی	-----
نیمه باز نسبتاً گرم	جهت یابی به سمت آفتاب محافظ ساحه از شمال اعمار تعمیرات، غرس درختان نوع کاج	انداختن شیشه های یک تائی تغیر دادن عناصر احاطوی	گرم نمودن اماکن خورد تهیه طبیعی از راه دریچه
بسته سرد	حل متراکم، کاهش ضایعات حرارت زینه ها و شمالگیر های گرم، الماری ها برای بالای پوش در آپارتمان جهت یابی به سمت آفتاب لحاظ ساحه توسط اعمار تعمیرات	عناصر احاطوی با داشتن کیفیت لازمه از لحاظ محاسبات تخنیک حرارتی عایق بودن حرارت و غیره قابل نفوذ هوا انداختن شیشه ها دو تائی	گرم نمودن یا تشخیص مرکزی با طاقت متوسط تهویه طبیعی از طریق کلکین ها
عایق شده بسیار سرد	حل مهندسی با تراکم اعظمی ضایعات کم حرارت، زینه ها گرم، شمالگیر های جوهره ئی الماری های تهویه شده برای بالای پوش، اطاق های مجالس در تعمیرات عامالمنفعه محافظ شمال توسط تعمیرات راه روهای گرم بین تعمیرات جاده ها مراکز سر پوشیده استگاهی برای ترانسپورت	عناصر احاطوی با داشتن کیفیت عالی و غیر قابل نفوذ بودن هوا عایق بودن حرارت. استفاده از شیشه های سه تائی و چهار تائی	گرم نمودن مرکزی با طاقت اعظمی، تهویه میخانیکي با گرم ساختن و مرطوب ساختن هوا
نیمه باز نسبتاً گرم	تهویه کنجی، آفتابگیرها، اتاق های باز لوژها، ایوان های سرپوشیده، زینه های نیمه باز یا بدون شمالگیر، ایجاد	تغیر یافتن عناصر احاطوی، گرفتن آفتابگیرها	بادپکه های میخانیکي در صورت عدم موجودیت آفتابگیر، خوب سرد ساختن اماکن

	سایه و تهویه ساحه، استفاده از شمال های سرد بسته		
بسته گرم خشک	حل تراکم، کم ساختن نفوذگری توسط آفتابگیر های آب پاشی کردن ایجاد سایه توسط درختان کاج و لحاظ از بادهای سرد روز، استفاده از باد های سرد شبانه	به کار برد شیشه های یک یا دو تایی	-----
عایق شده هوای گرم	حل تراکم نفوذگری به حد اصغری آفتابگیر ها، ایجاد سایه بالای پیاده رو ها توسط اعمار تعمیرات تهویه ساحه بطور اعظمی	عناصر احاطوی با داشتن کیفیت عالی غیر قابل نفوذ بودن هوا عایق بودن حرارت گرفتن آفتابگیر بالای کلکین ها استفاده نمودن از شیشه های دو تایی جالی ضد پشه	ایرکندیشن کلی تهویه اجباری استفاده از پکه های میخانیک

مشخصات اساسی که خصوصیات حل مهندسی تعمیرات را در نواحی مختلف افغانستان تعیین مینماید
قرار ذیل است:

تشعشوع آفتاب، درجه حرارت و رطوبت هوا:

تشعشوع آفتاب در یک قسمت وسیع اتمسفر افغانستان تقریباً بطور متداوم شفاف میباشد. شدت
تشعشوع آفتاب درین جا به حد اعظمی در کره زمین ثبت گردیده است.
معلومات و ارقام ارائه شده در مورد تشعشوع آفتاب در مسایل ذیل مورد استفاده قرار میگیرد:

۱. در انتخاب موقعیت دهی و جهت یابی تعمیرات به سمت افق؛
۲. در محافظ نمودن اماکن از سرد ماه در موسوم زمستان و از گرم ماه در فصل تابستان؛
۳. در محاسبه دیوار پوشش های تعمیرات در مقاومت حرارتی آنها؛
۴. در انتخاب وسایل برای محافظ نمودن چشم انسان از درخشندگی توسط اشعه آفتاب؛
۵. در انتخاب کپوزشین مهندسی رویکاری پلاستیکی و رنگ تعمیرات؛
۶. در طرح ریزی دستگاه های تهویه.

درجه حرارت هوای بیرونی تعمیر (خارج تعمیر) شاخص اساسی فزیکتی بوده که توسط آن
اقلیم ناحیه ساختمان تعیین میگردد. در مناطق جنوبی افغانستان درجه حرارت اعظمی روز در هوای
بیرونی در موسوم تابستان به (۵۰ به ۴۵ درجه سانتی گراد بالغ میگردد). در مناطق مرتفع کوهستانی درجه
حرارت هوا در موسوم زمستان تا به ۳۰ درجه و پایین تر از آن تنزیل می یابد. مناطق کوهستانی با ارتفاع
متوسط که درجه حرارت وسطی هوایی آن در موسوم تابستان از (۲۵ بر ۲۰ سانتی گراد) بلند نه میرود
در شرایط مناسب تر حرارتی قرار دارد. رطوبت نسبی در موسوم تابستان تقریباً در همه ساحات افغانستان

بسیار کم بوده چنانچه ۳۰٪ به ۲۰٪ بالغ میگردد. تنها در یک ساحه کوچک میلاندار و کوهستانی در قسمت شمال شرق نورستان که تحت تاثیر باد های موسومی بحر هند قرار دارد رطوبت نسبتاً زیاد است. یعنی در حدود ۵۰٪ به ۴۵٪ میباشد در موسوم تابستان خصوصاً در نواحی غربی و جنوبی افغانستان وزش باد های شدید ثبت گردیده است در موسوم زمستان سرعت وزش باد در تمام نواحی کشور به (استثنای نواحی کوهستانی بلند) کم بوده چنانچه از 3m/sec به ۲ تجاوز نمی کند. در مناطق خشک واقع در جنوب غرب، نواحی وجود دارد که تقریباً فاقد بارندگی هستند، به طوری که اوسط بارش سالانه در این مناطق به ندرت از ۴۰ تا ۵۰ میلی متر فراتر می رود. در منطقه کوهستانی نورستان مقدار بارندگی به طور قابل ملاحظه بیشتر میباشد چنانچه به 800mm الی ۶۰۰ می رسد.

۴. مناقشه

آیا مطالعه اقلیم شناسی مهندسی و دانستن انواع مسلط هوا و تعیین رژیم بهره برداری تاثیر بالای پلانگذاری مهندسی شهر ها و ساختمان ها دارد؟ از آنجائیکه در اقلیم شناسی مهندسی هفت نوع هوا از هم دیگر تفکیک میگردد هوای گرم، هوای گرم خشک، هوای نسبتاً گرم، هوای متعادل، هوای نسبتاً سرد، هوای سرد و هوایی بسیار سرد که نظر به هفت نوع هوا چهار نوع رژیم بهره برداری پیشنهاد میگردد. هر کدام از رژیم بهره برداری توسط خواسته های معین از لحاظ رژیم باز، رژیم نیمه باز، رژیم بسته و رژیم عایق شده حل پلانگذاری مهندسی انجیری و ساختمان تعمیرات تشخیص می گردد. در این زمینه، لازم است توجه داشته باشیم که تعامل میان پروژه های ساختمانی و شرایط جوی یا اقلیم، از دو جنبه کلی قابل بررسی است.

- ✓ اثرات آب و هوا بر روی طرح و شکل ساختمان و اسقرا در آن،
- ✓ اثرات مستقیم آب و هوا بر روی فعالیت های ساختمانی در رابطه به برنامه ریزی مربوط آن.

۵. نتیجه و پیشنهادات

در اثر تحقیقات که صورت گرفت برای هفت نوع مسلط هوای بیرونی با درجات متفاوت هوا، رطوبت نسبی سرعت وزش باد و مقدار بارندگی چهار رژیم بهره برداری باز، نیمه باز، بسته و عایق شده جهت بهتر از نوع اقلیم ناحیه ساختمان ها پیشنهاد شد. برای خواسته های پلانگذاری مهندسی برای هوای معتدل رژیم باز هوای نسبتاً سرد و نسبتاً گرم رژیم بهره برداری نیمه باز و برای هوای گرم خشک و هوای سرد رژیم بسته و برای هوای گرم و بسیار سرد رژیم عایق شده پیشنهاد میگردد. با در نظر گرفتن اقلیم ناحیه ساختمان صرفه جویی در مصارف مواد ساختمان و همچنان بلند رفتن کیفیت بهره برداری صورت می پذیرد.

٦. ماخذ

- Akbari, H., & Jalal, E. (2023). *Engineering Climate and Urban Design in Afghanistan*. Kabul University Press.
- Alwetaishi, M. (2019). A study of thermal comfort in traditional and modern buildings in hot regions. *Energy and Buildings*, 198, 85–95.
- Bahadori, M. (1978). Passive cooling systems in Iranian architecture. *Scientific American*, 238(2), 144-154.
- Brown, G., & DeKay, M. (2014). *Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies*. Wiley.
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold.
- Hyde, R. (2008). *Bioclimatic Housing: Innovative Designs for Warm Climates*. Earthscan.
- Hosseini, A., & Samadi, M. (1396). *Studies on Vernacularism in Sustainable Architecture*. Iranian Journal of Architectural Research
- Kasmaei, M. (1389). *Climate and Architecture*. Tehran: Shahid Beheshti University Press.
- Li, D., & Bou-Zeid, E. (2013). Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves. *Environmental Research Letters*, 8(3), 034002.
- Mahmoudi, M., Heidari, S., & Tahbaz, M. (2020). The role of climate-responsive design in building energy efficiency. *Journal of Sustainable Architecture*, 12(2), 45-60.
- Moradi, A., et al. (1398). *Energy Analysis in Buildings of Cold Climate Regions of Iran*. Journal of Sustainable Architecture
- Olgay, V. (2015). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* (New and Expanded Edition). Princeton University Press. (First published in 1963).
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies. *Solar Energy*, 103, 682–703.
- Stemers, K. (2003). Energy and the city: Density, buildings and transport. *Energy and Buildings*, 35(1), 3–14.
- Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*. Routledge.
- Watson, D., & Labs, K. (2003). *Climatic Design: Energy-Efficient Building Principles and Practices*. McGraw-Hill.

Zolfagharian, S., Nourbakhsh, M., & Zolfagharian, A. (2020). Comparative assessment of bioclimatic architectural strategies. *Energy Reports*, 6, 161–172.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol.1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

تأثیر فاصله گذاری‌های مختلف بالای رشد و نموی نخود
در شرایط اقلیمی تخار

The effect of different spacing on chickpea growth and development in Takhar climatic conditions

1. Ainuddin Amani¹

Professor, Faculty of Agriculture, Takhar University

2. mohammad Akbar Ansari

Associate professor, Faculty of Agriculture, Balkh University

3. Abdul Qadir Nabizada

Assistant professor, Faculty of Agriculture, Takhar University

Received: 24/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

To obtain maximum yield of chickpea in spring, a field experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) in six treatments: 10, 20, 25, 30 and 35 cm plant spacing with 30 cm row spacing, with three replications. Data and figures related to growth, yield components and chickpea yield were recorded randomly selected plots in each plot. The characteristics measured were: plant height, number of pods per plant, number of seeds per polypod, 100-seed weight, seed yield, biological yield and yield index. The data were statistically analyzed. The highest growth yield of plant height (30.33 cm), number of pods per bunch (11.33) and 100-grain weight (33.33 g), grain yield (1.24 t/ha), pod yield (2.17 t/ha) and harvest index (57%) were recorded at 35 cm distance

¹. Email: ainuddinamany@gmail.com

between two plants and 30 cm between two rows, number of grains per bunch (1.93) and grain weight per plant (3.46 g) were recorded at 15 cm distance between two plants and 30 cm between two rows. The results showed that the best growth, growth components and yield were obtained at greater distances between plants in Takhar environmental conditions.

Keywords: yield components, plant distance, treatment, yield, chickpea

چکیده

برای به دست آوردن حد اکثر عمل کرد نخود در فصل بهار، یک تحقیق مزرعه‌یی در طرح بلاک‌های کاملاً تصادفی (RCBD) در شش تریتمنت: ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی متر فاصله بین دو نبات با ۳۰ سانتی متر فاصله بین قطارها، در سه تکرار انجام شد. داتا و ارقام مربوط به نمو، اجزای حاصل و حاصل نخود در کردها به طور تصادفی انتخاب شده در هر کرت ثبت گردید. خصوصیات موارد اندازه‌گیری: قد نبات، تعداد غلاف فی بته، تعداد دانه فی غلاف پلی، وزن ۱۰۰ دانه، حاصل دانه، حاصل بیولوژیکی و شاخص حاصل بود. داتا و ارقام جمع‌آوری شده، مورد تحلیل احصائیوی قرار گرفته است. بیشترین حاصل نمویی از قد نبات (۳۰،۳۳ سانتی متر)، تعداد غلاف فی بته (۱۱،۳۳) و وزن ۱۰۰ دانه (۳۳،۳۳ گرم)، حاصل دانه (۱،۲۴ تن فی هکتار)، حاصل توبه (۲،۱۷ تن فی هکتار) و شاخص برداشت (۵۷ فیصد) در ۳۵ سانتی متر فاصله بین دو نبات و ۳۰ سانتی متر بین دو قطار، تعداد دانه فی پلی (۱،۹۳) و وزن دانه فی نبات (۳،۴۶ گرم) در ۱۵ سانتی متر فاصله بین دو نبات و ۳۰ سانتی متر بین دو قطار به ثبت رسیده است. نتایج نشان داد که بهترین نمو، اجزای حاصل و فواصل بیشتر بین نبات در شرایط محیطی تخار به دست آمده است.

کلمات کلیدی: اجزای حاصل، فاصله بین نبات، تریتمنت، عمل کرد، نخود

۱. مقدمه

نام علمی نخود *Cicer arietinum* L.، مربوط به فامیلی Fabaceae می‌باشد. جای خیزش اولی نخود آسیای غربی (ترکیه) بوده و در خاورمیانه از اولین حبوبات کشت شده نخود است که ۷۵۰۰ سال قدمت دارد، و یکی از حبوبات مهم و پرمصرف در جهان است که در بسیاری از کشورها کشت می‌شود (Malhotra، ۲۰۰۲، ص. ۱۷۶). این نبات به دلیل ارزش غذایی بالا و قابلیت استفاده در غذاهای مختلف، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کشورهای عمده تولیدکننده نخود هند، نیپال و ترکیه می‌باشد. سطح برداشت نخود در جهان حدود ۱۸ میلیون هکتار برآورد شده است (FAOSTAT، ۲۰۱۸). فکور محمد یوسف (۱۳۹۸) بیان نموده که نخود دو قسم است نخود دو نوع است، یکی نخود دانه کوچک با رنگ قهوه‌یی یا نخود دیسی (Desi Chickpea) و دیگر نخود دانه کلان با رنگ کریمی

کابل (Kabuli Chickpea). نخود در هر شرایط آب و هوایی از نواحی نیمه گرم سیر تامدیرانه غرب آسیا، شمال آفریقا و نیز جنوب غربی اروپا رشد می کند (Toker *et al*, 2007. P. 1786).

این تحقیق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرایکی از مهم ترین مؤلفه‌های پذیرش کشت در یک تراکم مناسب، استندرد سازی جمعیت نبات نخود و برداشت زود هنگام محصول بهاری است. تراکم جمعیت نباتی یکی از عوامل اصلی تعیین کننده عمل کرد محصولات زراعتی است و این تراکم عمدتاً به مدیریت فاصله بین نبات بستگی دارد. در واقع، عمل کرد نبات نتیجه رقابت نباتات بر روی عوامل محیطی است و حداکثر عمل کرد زمانی به دست می آید که این رقابت کاهش یافته و نبات بتواند به حداکثر استفاده از این عوامل محیطی دست یابد.

فرضیه های تحقیق: فاصله گذاری های مختلف در بین دو بته نخود از نظر حاصل در شرایط ولایت تخار تفاوت معنی داری وجود دارد. فاصله گذاری تا حد مشخصی باعث افزایش عمل کرد نخود می شود.

هدف از تحقیق، شناسایی فاصله مناسب بین نبات نخود که منجر به حداکثر نمو و کیفیت دانه ها شود و تحلیل اینکه چگونه فاصله گذاری بر رقابت برای منابع (نور، آب، مواد غذایی) تأثیر گذار، می باشد.

مروری بر آثار گذشته

فاصله گذاری های مختلف بین بته ها بالای رشد و نموی نخود تاثیرات قابل ملاحظه‌ی نموده است. فاصله کم بین بته های نبات سبب انکشاف مرض و کاهش حاصل می گردد، در حالی که فاصله های مناسب در بین بته ها سبب نموی بهتر و انکشاف حاصل نخود می گردد، بنابر این کیفیت تخم مربوط به فاصله گذاری مهم نباتات می باشد.

یکی از مهم ترین عوامل مدیریتی بر نباتات که حاصل نبات را تحت تأثیر قرار می دهد، فاصله بین

قطار و بته ها است (Khajehpour, 2008, ص. 398).

Barzali در سال (2018) در تحقیق که انجام داده بیش ترین حاصل دانه نخود از تراکم 64, 70 بته فی متر مربع گزارش داده است. افزایش تراکم بیش از حد، مانع نفوذ نور به قسمت های پایین نبات شده و رقابت را افزایش می دهد. شناسایی تراکم کشت مناسب اولین و مهم ترین استراتژی های است که برای دستیابی به عمل کرد بالا در نظر گرفته می شود. (رضایی و همکاران، 2012).

Melak Agajie در سال (2018) در تحقیق خویش فواصل بین نبات و قطار 10 × 30 سانتی متر بهترین حاصل 1219 کیلو گرام برهکتار را به دست آورد. در سال 2020 Birhanu Chala در تحقیقی که انجام داده فواصل بین نبات و قطار 15 × 30 سانتی متر نتایج بهتری حاصل را ارائه کرد. در سال 2023 Manumala و همکارانش که در تحقیق شان فواصل کشت مختلف (25 × 10، 35 × 10، 45 × 10) مورد آزمایش قرار گرفت و فاصله 35 × 10 سانتی متر را با نتایج حاصل (246, 67 کیلو گرام برهکتار) بهترین عملکرد نبات را ارائه داد.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۴۰۳ در فارم تحقیقاتی پوهنجی زراعت پوهنتون تخار، با استفاده از طرح بلاک‌های کاملاً تصادفی (RCBD) در شش تریتمنت با سه تکرار روی تأثیر فاصله‌گذاری‌های مختلف بالای رشد و نمو نخود در شرایط اقلیمی تخارانجام شد. در این تحقیق کردها به اندازه ۳ متر طول و ۲ متر عرض تنظیم شده و تریتمنت‌ها شامل: تریتمنت اول (۱۰ × ۳۰ سانتی متر فاصله بین دو نبات)، تریتمنت دوم (۱۵ × ۳۰ سانتی متر فاصله بین دو نبات)، تریتمنت سوم (۲۰ × ۳۰ سانتی متر فاصله بین دو نبات)، تریتمنت چهارم (۲۵ × ۳۰ سانتی متر فاصله بین دو نبات)، تریتمنت پنجم (۳۰ × ۳۰ سانتی متر فاصله بین دو نبات) و تریتمنت ششم (۳۵ × ۳۰ سانتی متر فاصله بین دو نبات) بوده است. تخم محلی از ریاست زراعت تخار به دست آمده و مقدار ثابت نایتروجن ۶۰ کیلوگرام N (نایتروجن) و ۸۰ کیلوگرام P_2O_5 (فسفورس پنتا اکساید) فی هکتار استعمال گردید. و تمام عملیات زراعتی مانند طاقه کاری بته‌ها، آبیاری، کنترل گیاهان هرزه و برداشت حاصل سواره و دانه در کردها بشکل نورمال آن انجام شده است. پارامترهای که در جریان تحقیق روی آن کار شده عبارتند از: ارتفاع بته، تعداد شاخه در بته، تعداد پلی در بته، تعداد دانه در پلی، وزن دانه در بته، وزن ۱۰۰۰ دانه، حاصل دانه، حاصل بیولوژیکی و شاخص برداشت می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل ارقام یا داتاها از تخنیک تحلیل واریانس استفاده شده و تفاوت میان تریتمنت‌ها با استفاده از حد اقل تفاوت معنی دار LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفته است.

۳. نتایج

مطالعه بر روی اثر فاصله‌گذاری‌های مختلف (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ سانتی متری) بر نمو و حاصل نخود از فاصله کم به بالا تاثیر قابل ملاحظه‌ی نموده است که جدول (۱) نشان‌دهنده نتایج زیر است: ارتفاع بته فاصله‌گذاری زیاد بین دو نبات یعنی (۳۰ و ۳۵ سانتی متر) بیشترین ارتفاع بته (۳۳، ۳۰ و ۲۶ سانتی متر) را تولید نمود که در درجه اول عملکرد قرار داشته و به تعقیب آن فاصله‌گذاری‌های ۲۰ و ۲۵ سانتی متری در حد متوسط ارتفاع (۲۴، ۲۷ و ۲۳، ۲۷ سانتی متری) و کمترین ارتفاع بته (۳۳، ۱۹ و ۱۸، ۳۳ سانتی متر) در فواصل کم (۱۰ و ۱۵ سانتی متری) ثبت شده است. تعداد غلاف فی بته بیشترین تعداد غلاف فی بته (۱۱، ۳۳) غلاف فی بته در فاصله زیاد کشت یعنی ۳۵ سانتی متری ریکارد شده در رده اول تعداد غلاف قرار گرفته و با فواصل ۳۰ و ۲۵ سانتی متری (۹، ۶۷ و ۹، ۶۷ غلاف فی بته) همخوانی احصایوی دارند، کمترین تعداد در فاصله ۱۰ سانتی متری (۳۳، ۷ غلاف فی بته) تولید نمود بجز فاصله ۳۵ سانتی متری به تمام فواصل قراریکه در جدول (۱) دیده می‌شود در یک درجه احصایوی جای گرفته است. تعداد دانه فی غلاف و وزن دانه فی بته

قرار مشاهده جدول (۱) تعداد دانه فی غلاف از نظر احصایه تحت تاثیر فواصل کشت نبوده که زیاد ترین (۲ دانه فی غلاف) در فاصله ۲۰ سانتی متری و بیشترین تعداد دانه فی غلاف در فاصله ۳۵ سانتی متری ریکارد شده است.

فاصله گذاری در بین بته های نبات نخود تاثیر احصایوی در وزن دانه فی بته نموده که ۳,۴۶ گرم در فاصله زیاد یعنی ۳۰ سانتی متری به ثبت رسیده و از نظر احصایه با تمام فواصل در یک درجه قرار دارد و از نظر ارقام کمترین وزن دانه (۲,۳۱ گرم) در فاصله ۱۵ سانتی متری ثبت شده است.

جدول (۱): تاثیر فاصله گذاری های مختلف بالای نمو و اجزای حاصل نخود

فاصله گذاری بین نبات × بین قطار	ارتفاع بته (سانتی متر)	تعداد غلاف فی بته	تعداد دانه فی غلاف	وزن دانه فی بته (گرام)	وزن ۱۰۰ دانه (گرام)
۱۰ × ۳۰ سانتی متر	د ۱۸,۳۳	ب ۷,۳۳	۱,۹۳	الف ۲,۷۱	ج ۲۴,۰۰
۱۵ × ۳۰ سانتی متر	ج ۱۹,۳۳	ب ۸,۰۰	۱,۹۳	الف ۲,۳۲	ج ۲۵,۰۰
۲۰ × ۳۰ سانتی متر	ب ج ۲۳,۶۷	ب ۸,۶۷	۲	الف ۲,۸۴	ب ج ۲۶,۰۰
۲۵ × ۳۰ سانتی متر	ب ۲۴,۶۷	الف ب ۹,۰۰	۱,۷	الف ۲,۷۷	ب ج ۲۷,۳۳
۳۰ × ۳۰ سانتی متر	الف ب ۲۶,۰۰	الف ب ۹,۶۷	۱,۶۳	الف ۳,۶۴	الف ب ۳۰,۳۳
۳۵ × ۳۰ سانتی متر	الف ۳۰,۳۳	الف ۱۱,۳۳	۱,۶	الف ۳,۱۳	الف ۳۳,۳۳
LSD به احتمال ٪ ۵	۸,۳۵	۲,۵۵	ns	۱,۴۷	۴,۸۶
CV (%)	۵,۱۴	۱۰,۹۲	۱۱,۶۴	۱۹,۷۷	۶,۷۶

جدول (۲): تاثیر فاصله گذاری های مختلف بالای حاصل نخود

فاصله گذاری	حاصل دانه	حاصل بیولوژیکی	شاخص برداشت
بین نبات × بین قطار	تن فی هکتار	تن فی هکتار	فیصدی
۱۰ × ۳۰ سانتی متر	۵۰,۶۱	۱,۲۷ ب	۴۸ ج
۱۵ × ۳۰ سانتی متر	۵۰,۶۶ ج	۱,۳۰ ب	۵۰ ب
۲۰ × ۳۰ سانتی متر	۵۰,۷۵ ج	۱,۷۴ الف ب	۴۳ د
۲۵ × ۳۰ سانتی متر	۵۰,۷۱ ج	۱,۶۸ الف ب	۴۲ د
۳۰ × ۳۰ سانتی متر	۱,۰۱ ب	۲,۰۵ الف	۴۹ ب ج
۳۵ × ۳۰ سانتی متر	۱,۲۴ الف	۲,۱۷ الف	۵۷ الف
LSD به احتمال ۵٪	۰,۱۴	۰,۵	۱,۲۱
CV (%)	۶,۸۸	۱۱,۴۱	۰,۹۶

وزن ۱۰۰ دانه: فاصله گذاری (۳۵ سانتی متر) بیشترین وزن ۱۰۰ دانه یعنی ۳۳,۳۳ گرم وزن ۱۰۰ دانه را تولید نموده که در درجه اول عملکرد قرار گرفته و به در نظر گرفتن کشت در فاصله ۳۰ سانتی متری با ۳۰,۳۳ گرم وزن ۱۰۰ دانه همخوانی احصایوی دارد و به تعقیب آن فاصله گذاری های ۲۰ و ۲۵ سانتی متری در حد متوسط وزن ۱۰۰ دانه (۲۷,۳۳ و ۲۶ گرم) و کمترین وزن ۱۰۰ دانه (۲۵ و ۲۴ گرم) در فواصل (۱۰ و ۱۵ سانتی متری) ثبت شده است.

عمل کرد دانه نخود به طور قابل توجهی تحت حاصل دانه، حاصل بیولوژیکی و شاخص برداشت تأثیر فواصل بین بته ها در کشت قرار گرفت جدول (۲). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کشت در فاصله زیاد (۳۵ سانتی متر) بالاترین عملکرد دانه (۱,۲۴ تن فی هکتار) را تولید کرد، و به تعقیب آن کشت در فاصله ۳۰ سانتی متری (۱,۰۱ تن فی هکتار) و فاصله ۱۰ سانتی متری کشت کمترین حاصل دانه (۰,۶۱ تن فی هکتار) را تولید کرد.

فاصله های مختلف بین نبات نخود تأثیرات قابل توجهی بر حاصل بیولوژیکی داشته است. حاصل بیولوژیکی طوری که ارتفاع بته، تعداد شاخه فی بته در فاصله های زیاد بین دو نبات بلند بود، در فاصله ۳۵ و ۳۰ سانتی متری بیشترین حاصل بیولوژیکی (۲,۱۷ و ۲,۰۵ تن فی هکتار) را تولید نموده و کمترین حاصل بیولوژیکی در فاصله ۱۰ سانتی متری بین دو نبات (۱,۲۷ تن فی هکتار) به مشاهده رسیده است.

نتایج مشابه حاصل دانه در فیصدی شاخص برداشت نشان داده شده، زیرا فیصدی شاخص برداشت مساوی به فیصدی حاصل دانه از حاصل بیولوژیکی نبات می‌باشد. بلندترین شاخص برداشت از بالاترین فاصله بین دو نبات یعنی ۳۵ سانتی متری (۵۷ فیصد) و به تعقیب آن شاخص برداشت در فاصله ۱۵ متری و ۱۰ سانتی متری و بالاخره فاصله ۲۰ و ۲۵ متری یکی پی دیگری کاهش یافت.

۴. مناقشه

مطالعه اثر فاصله‌گذاری‌های مختلف بین دونبات بر نمو و حاصل نخود به نکات مهمی اشاره دارد که در این بخش به آن پرداخته می‌شود:

فاصله‌گذاری زیاد (۳۰ سانتی متر) سبب بلند رفتن قد نبات شده که حد اکثر نمو ممکن در نتیجه عدم رقابت ریشه‌ها در گرفتن عناصر غذایی بویژه نایتروجن باشد. هم‌چنان بلند رفتن تعداد غلاف، تعداد دانه فی غلاف، وزن دانه فی نبات و وزن ۱۰۰ دانه هم با فاصله‌گذاری زیاد ممکن در نتیجه کاهش تعداد گیاهان در واحد سطح و استفاده بیشتر از عناصر غذایی خاک باشد چنین راپور توسط (بهبودیان و همکاران، ۲۰۰۱، ص. ۱۲۸۸)، هم بیان گردیده است. کمترین فاصله‌گذاری بین دو نبات نخود پایین‌ترین نمودی قد نبات و دیگر اجزای حاصل شده که ممکن به علت موجودیت رقابت برای منابع غذایی باشد که بر کیفیت محصول تاثیر منفی گذاشته است که این یافته در تطابق به یافته‌های (Boomsa and wyn, 2008, p. 14) است که گزارش دادند که با افزایش تراکم، رقابت برای جذب نور افزایش یافت و از این طریق موجب کاهش نمو در نبات نخود شده است. هم‌چنان محمد ساجد و همکاران (M.Sajid, 2012, p. 13)، (Agajile, M. 2018) راپور دادند که بیشترین تعداد شاخه فی نبات (۲،۶) در ۱۰۰ سانتی متر فاصله بین قطار و کمترین تعداد شاخه فی نبات در ۴۰ سانتی متر فاصله بین قطار تولید شده است. محمد محبوب الرحمن و همکاران (۱۴۷۳)،

(Md. Mahboburrahman *et al*, 2020)، (Prasad, 2022)، (N. D. Makwana, 2023) از

استعمال بلندترین فاصله کشت (۱۵×۴۰ سانتی متر) بیش‌ترین تعداد شاخه فی نبات، تعداد غلاف، حاصل دانه را تولید نمود. نتایج نشان داد که کشت در فاصله زیاد بالاترین حاصل دانه و حاصل بیولوژیکی را تولید کرد که این فاصله‌گذاری ممکن بیشترین سازگاری را با شرایط مختلف زراعتی داشته باشد و می‌تواند به افزایش عملکرد و کیفیت دانه‌ها منجر شود این یافته در تطابق به یافته‌های (چغاخور، ۱۳۸۹)، (Singh, 2023) است که در یک تجربه نشان داد تراکم بته بر حاصل دانه و حاصل بیولوژیکی معنی دار بوده یعنی فاصله ۴۰ و ۵۰ سانتی متر بیشترین عملکرد را در روایتی نخود نشان داده است. زیاد شدن تراکم یعنی کم شدن فاصله بین دو نبات به تدریج سبب نزول در حاصل گردید. در این حالت، ممکن رقابت شدید برای منابع، رشد نباتات را محدود می‌کند و به کاهش عملکرد منجر می‌شود

هم‌چنان نبات به دلیل کمبود نور و مواد مغذی ضعیف‌تر شده و حاصل بیولوژیکی پایین شده است (M. Shiferaw, 2018)، (Sumaya, 2019).

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نخودیکی از محصولات است که نه تنها در تأمین امنیت مواد غذایی نقش دارد بلکه به عنوان یک منبع درآمد برای زارعین و اقتصاد کشورها نیز اهمیت دارد. با توجه به تغییرات اقلیمی و نیاز به بهبود فواصل کشت، توجه به این محصول در آینده ضروری است.

از مطالعه‌ای حاضر به چنین نتیجه می‌توان رسید که فاصله‌های کشت بین دو نبات هرچه بیشتر باشد، تاثیرات فوق‌العاده را بالای نمو، اجزای نمو و حاصل دانه و شاخص حاصل داشته است.

برای بهبود نمو، حاصل و کیفیت دانه‌های نخود با توجه به فاصله‌گذاری‌های مختلف، می‌توان سفارشات زیر را در نظر گرفت:

- استفاده از فاصله‌گذاری مناسب برای مطلوب‌سازی عملکرد و کاهش رقابت بین نباتات، فاصله‌گذاری ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر پیشنهاد می‌شود.
- در فاصله‌گذاری‌ها، مدیریت مناسب آبیاری و تغذیه خاک ضروری است تا از حداکثر رشد نبات بهره‌برداری شود.
- توصیه می‌شود ده‌اقلین آزمایش‌های محلی برای ارزیابی اثرات فاصله‌گذاری‌های مختلف بر عملکرد نخود انجام دهند تا بهترین گزینه را شناسایی کنند.

۶. مأخذ

- چغاخور، ا. مسکرباشی م. مامقانی، ر. و نبی پور، م. (۱۳۸۹). تاثیر تراکم بوته و فاصله ردیف بر برخی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتین دانه دو رقم نخود زراعی. ایران، تهران، مجله کشاورزی و تولید پلی دارجلد (۲) شماره ۲، ص ۱۱۳.
- فکور، م. (۱۳۹۸). حبوبات، مطبوعه ریاست نشرات وزارت تحصیلات عالی، شماره شابک ۹۷۸-۰۰۵-۶۲۲-۹۹۳۶.

Agajile, M. (2018). Effect of spacing on yield components and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) at Assosa, Western Ethiopia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 7(2), pp. 27-32.

Barary, M., Mazaheri, D. and Banai, T. (2003). The effect of row and plant spacing on the growth and yield of chickpea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2(12): 241-261.

Barzali, M., (2018). Studying of plant density and supplemental irrigation effects on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield under rainfed condition in east of Golestan. *Dryland Legume*.1, 16- 28.

Behboudian, M.H., Ma, Q., Turner, N.C., Palta, J.A., (2001). Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81, 1288-1291.

Bhutta Mohammad Sajid, AbdurRab, Noor-ul-Amin, Fazalwahid, Ebadullah Jan, Ijaz Ahmad Khan, and Mohammad Anwar khan, (2012). Effect of herbicides and row space on growth and yield of pea, *Pak. J. Weed Sci. Res.* 18(1): 1-13.

Birhanu Chala, Tolera Abera & Bhupesh Nandeshwar (2020). "Influence of Inter and Intra Row Spacing on Yield and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) In Jimma Horro District, Western Ethiopia." *International Journal of Plant & Soil Science*, 32(15): 32-42.

Boomsma, C.R., Vyn, T.J., (2008). Maize drought tolerance: potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis? *Field Crops Research*. 108, 14-31.

D. Sai Chandana, Shikha Singh & Anu Nahwal (2023). "Influence of Spacing and Phosphorus Management on Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.)" *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(9): 2377-2383.

Khajehpour. M, (2011). *Principles and Fundamentals of crop production*. p. 654.

Malhotra, R.S., and M.C. Saxena. (2002). Strategies for overcoming drought stress in chickpea. Caravan 17.Md. Mahbubur Rahman, Raziuddin, Md. Rashedul Islam, Md. Golam Azam, Mohammad Zakaria, SheryHasna and Sharmila Das Setu. (2020), effects of spacing on yield and quality of different pea varieties, *International Journal of Agriculture Innovations and Research* Volume 9, Issue 1, ISSN (Online) 2319-1473.

Manumala Prasad & Biswarup Mehera (2022). "Effect of Row Spacing and Gibberellic Acid on Growth and Yield of Chickpea under Rainfed Conditions." *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(19): 1-6.

Melak Agajie (2018). "Effect of Spacing on Yield Components and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) At Assosa, Western Ethiopia." *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 7(2), pp. 39-51.

Mohammad Sajid, Abdurab, Noorulamin, Fazalwahid, Ebadullahjan, Ijaz Ahmad Khan, and Muhammad Anwar Khan, (2013), Effect of Herbicides and row Space on the growth and Yield of Pea, *Pak. J. Weed Sci. Res.* 18 (1), pp. 1-13.

M. Shiferaw, T. Tamado, F. Asnake (2018). Effect of Plant Density on Yield Components and Yield of Kabuli Chickpea Varieties at Debre Zeit,

Central Ethiopia. *International Journal of Plant & Soil Science*, Vol. 21, Issue 6, pp. 1-6.

N. D. Makwana, H. L. Kacha, G. K. Bhabhor, R. B. Bhalani (2023). Effects of Spacing and Nipping on Yield Attributes and Yield of Chickpea. *Current Journal of Applied Science and Technology*, Vol. 42, Issue 26, pp. 44-48.

FAOSTAT data. (2018). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Last updated June 15, 2020.

Prasad, M., and Mehera, B. (2022). Effect of Row spacing and Gibberellic acid on Growth and yield of chick pea (*Cicer arietum* L.) under Rain fed Conditions. *Inter Journal of Plant and Soil Science*, 34(19), pp.1-6. [DOI: \[10. 9734/ijpss/2022/v34i 1931082\]](https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i1931082).

Rasaei, A.; M. Ghobadi and M. Ghobadi (2012). Effect of supplemental irrigation and plant density on yield and yield components of peas (*Pisumsativum*L.) in Kermanshah Region. *Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (3), pp. 352-357.

Singh, A., Umesha, c., and Kiran, V. U (2023). Effect of spacing and bio fertilizers on growth and yield of chickpea. *International Journal of Environment and climate change*, 13(10), pp. 809-815.

Sumaya Ahmed Abdullah, Bilal Bilal, Raad Hussein Salih (2019). Effect of Plant Spacing on Yield and Some Quality Characteristics of Three Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties. *Polytechnic Journal*, Vol. 9, Issue 1, pp.37-42.

Toker, C., Canci, H., Yildirim, T., 2007. Evaluation of perennial wild *Cicer* species for drought resistance. *Genetic resources and crop evolution*. 54, pp.1781-1786.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol.1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

پیش بینی و مدل سازی کمی آب های زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW
(مطالعه موردی: شهر هرات- افغانستان)

Quantitative groundwater prediction and modeling using MODFLOW model (Case study: Herat City-Afghanistan)

1. Nizamuddin Timory¹

Teaching Assistant, Faculty of Engineering, Jami Heart University

2. Alif shah Ehsan

Teaching Assistant, Faculty of Engineering, Jami Heart University

Received: 24/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

Herat city is located in the southwest of Afghanistan and is considered a semi-arid region, and the average rainfall in this city is 200 mm per year. The direction of groundwater flow is also from the northeast to the southwest of the city. According to the obtained information, the water level has dropped significantly in this area in recent years. In order to more accurately understand the aquifer from a hydrogeological point of view and optimally utilize groundwater resources, a mathematical model of groundwater in Herat City has been prepared using the MODFLOW model. Initially, the required information including meteorological, hydrological, hydrogeological and other field and required information was collected and then a conceptual groundwater model was prepared using the available information. At this stage, information regarding alluvial thickness, boundary conditions, balance information, etc. was prepared using GIS software and entered into the mathematical model. This model was

¹. Email: N.timory@Jami.edu.af

implemented for the water year in 1402-1403 with 12 time steps. After the implementation and calibration of the model, the results of the computational load and observation load in stable and unstable conditions indicate a drop of approximately 3 meters in the groundwater of this city in the next 5 years.

Keywords: groundwater, simulation, prediction, and MODFLOW

چکیده

شهر هرات در جنوب غرب افغانستان موقعیت دارد و از جمله مناطق نیمه خشک محسوب شده و متوسط بارندگی در این شهر ۲۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. جهت جریان آب زیرزمینی نیز با توجه به خطوط هم پتانسیل از شمال شرق به طرف جنوب غرب شهر می‌باشد. نظر به اطلاعات دست یافته سطح آب در سال‌های اخیر افت چشم‌گیری در این ناحیه داشته است. به منظور شناخت دقیق‌تر اکیفر از نظر هیدروژئولوژیکی و بهره‌برداری بهینه از منابع آب‌های زیرزمینی، مدل ریاضی آب‌های زیرزمینی شهر هرات با استفاده از مدل MODFLOW تهیه شده است. در ابتدا اطلاعات مورد نیاز شامل اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و سایر اطلاعات صحرائی و مورد نیاز گردآوری شده و سپس با استفاده از اطلاعات موجود مدل مفهومی آب‌های زیرزمینی تهیه شد. در این مرحله با استفاده از نرم افزار GIS اطلاعاتی در خصوص ضخامت آبرفت، شرایط مرزی، اطلاعات بیلان و غیره تهیه گردید و به مدل ریاضی وارد شد. این مدل برای سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۳ با اعمال ۱۲ گام زمانی اجرا شد. بعداً از اجرا و واسنجی مدل نتایج حاصل از بار محاسباتی و بار مشاهداتی در شرایط ماندگار و غیر ماندگار بیانگر افت تقریباً ۳ متری آب‌های زیرزمینی این شهر در ۵ سال آینده می‌باشد.

کلمات کلیدی: آب‌های زیرزمینی، شبیه سازی، پیش‌بینی مدل

۱. مقدمه

دسترسی به منابع مطمئن و پایدار آب، یکی از چالش‌های اساسی جهان معاصر به شمار می‌رود. افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های انسانی سبب افزایش مصرف آب گردیده، در حالی که حجم کل آب موجود در کره زمین ثابت است. در این میان، کشورهایی که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارند بیش از دیگران در معرض بحران کم‌آبی هستند (علیزاده، ۱۳۸۹). افغانستان نیز طی دهه‌های اخیر با رشد سریع نفوس و گسترش فعالیت‌های زراعتی و شهری، فشار زیادی بر منابع آبی خود تجربه کرده است. آب‌های زیرزمینی در افغانستان نقش حیاتی در تأمین آب آشامیدنی و آبیاری دارند؛ اما برداشت بی‌رویه، نبود مدیریت درست و حفر خودسرانه چاه‌های عمیق باعث کاهش چشمگیر سطح آب گردیده

است. شهر هرات از نمونه‌های بارز این مسئله است؛ به گونه‌ای که در برخی نقاط افت سطح آب تا ۷ متر و در نواحی شمالی شهر حتی تا ۲۰ متر گزارش شده است. استفاده گسترده از سیستم‌های پمپاژ سولری برای آبیاری هزاران هکتار زمین و مصرف بی‌رویه آب‌های شیرین، این بحران را تشدید نموده است. وابستگی کامل شهروندان هرات به منابع زیرزمینی برای تأمین آب شرب، نگرانی‌های جدی در مورد بروز بحران کم‌آبی در آینده ایجاد کرده است (حسینی، ۱۳۹۷).

بر همین اساس، ضرورت تحقیق حاضر ناشی از نیاز فوری به مدیریت علمی و پایدار منابع آب زیرزمینی می‌باشد. این پژوهش سه هدف اساسی را دنبال می‌کند: مدیریت بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی هرات، شبیه‌سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW، و کنترل برداشت‌های غیرمجاز. استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری و تعریف سناریوهای مختلف بهره‌برداری می‌تواند امکان پیش‌بینی روند آینده اکیفرها را فراهم ساخته و مبنای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و کاهش بحران کم‌آبی در این ولایت گردد. در همین راستا، مطالعات متعددی در خارج کشور انجام شده که کارایی مدل‌های شبیه‌سازی ریاضی در تحلیل و مدیریت آبخوان‌ها را نشان می‌دهد.

سهرابی و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی منابع آب زیرزمینی اکیفر آبرفتی دشت اووان با استفاده از مدل ریاضی آبهای زیرزمینی (GMS, MODFLOW2000) پرداختند. در این تحقیق مدل کالیبره و با استفاده از داده‌های تراز آب مشاهده‌ای و محاسبه‌ای برای دوره‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۶ و ۲۰۰۶-۲۰۰۷ تأیید شد. مدل برای تولید سناریوهای آب زیرزمینی برای دوره ۱۰ ساله ۲۰۰۵-۲۰۱۵ اجرا شد و نتایج نشان داد که بهره‌برداری بیش از حد از آبهای زیرزمینی منجر به کاهش شدید منابع آب در دوره ۲۰۱۴-۲۰۱۵ خواهد شد. دقت بالایی مدل در پیش‌بینی رفتار اکیفر میتواند محققان را در برنامه‌ریزی و تصمیم در استراتژی‌های مدیریت مطمئن سازد.

مهدوی و همکاران (۱۳۹۰) جریان آب‌های زیرزمینی دشت بهار-همدان را در دو حالت ماندگار و غیر ماندگار (از سال ۱۳۸۶-۱۳۸۴) با MODFLOW شبیه‌سازی و با ضریب جذر میانگین مربعات ۱,۲ و ۱,۵ واسنجی و صحت‌سنجی کردند. نتایج بیانگر این است که در صورت ادامه روند فعلی برداشت از اکیفر حتی در صورت افزایش بارش، سطح ایستابی همچنان افت خواهد داشت. بررسی سه گزینه حذف چاه‌های غیرمجاز، تغییر الگوی کشت، و تغییر شیوه آبیاری، حاکی از تاثیر مثبت این عملیات بر وضعیت آینده اکیفره می‌باشد. از این میان گزینه تغییر شیوه آبیاری به دلیل صرف‌جویی در مصرف آب، به میزان ۱۴۱ میلیون مترمکعب در سال بیشترین تاثیر را بر کاهش میزان افت سطح تراز اکیفر در آینده خواهد داشت.

در این تحقیق سعی می‌شود که آب‌های زیرزمینی شهر هرات از نظر کمی بررسی شده و روش‌های مناسب و علمی برای جلوگیری از افت آب‌های زیرزمینی پیشنهاد شود. روش تحقیق در این مقاله متکی بر شبیه‌سازی کامپیوتری آب‌های زیرزمینی هرات خواهد بود. این امر با جمع‌آوری آمار و اطلاعات

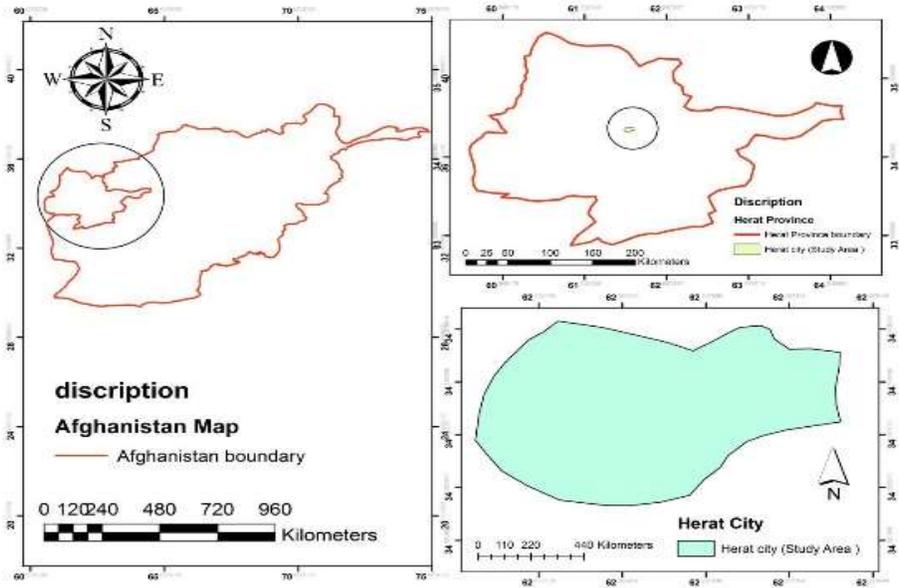
مورد نیاز و برپاسازی مدل آب زیرزمینی و سپس تلاش برای واسنجی این مدل صورت خواهد گرفت (شهسواری و خدایی، ۱۳۸۴). با در دست داشتن این مدل می‌توان سناریوهای بهره‌برداری آینده آب‌ها زیرزمینی را تعریف و شبیه‌سازی کرد تا اثرات آنها در آینده آکیفر اشکار شود (شمسایی و امیریگی، ۱۳۸۴). به نظر می‌رسد با شبیه‌سازی کمی و برنامه ریزی مدیریت آکیفر شهر هرات بتوان میزان خسارات احتمالی در آینده را کاهش داد و نیز میزان افت سطح آب در آکیفر منطقه مورد مطالعه در آینده از روند افزایش برخوردار باشد.

۲. مواد و روش کار

۱،۲ مشخصات منطقه مورد مطالعه

شهر هرات، از جمله شهرهای بزرگ و مهم افغانستان، پس از کابل دومین شهر پرجمعیت کشور به شمار می‌آید (NSIA). این شهر یکی از قطب‌های صنعتی و مهم‌ترین کانون فرهنگی-هنری افغانستان است. دریا معروف هریرود از کنار این شهر می‌گذرد و نام هرات از نام این دریا گرفته شده است (Macrotrends, 2023). هرات از طرف شمال به ولایت بادغیس و جمهوری ترکمنستان، از طرف جنوب به ولایت فراه، از طرف شرق به ولایت غور و از طرف غرب با جمهوری اسلامی ایران هم‌مرز است. طبق برآورد منابع داخلی، حدود یک میلیون نفر از جمعیت سه میلیونی ولایت هرات در این شهر زندگی می‌کنند (Macrotrends, 2023). هرات از جمله شهرهای سردسیر محسوب می‌شود؛ تابستان‌های آن گرم و زمستان‌های آن سرد است (Climatestotravel, 2023). اطلاعات دقیق درباره ترسبات اتمسفری و نوسانات درجه حرارت در سال‌ها موجود نیست، اما یخبندان در این ولایت در فصل زمستان آغاز می‌شود و ندرتاً به منفی ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در زمستان سال ۱۴۰۱ به طور استثنایی درجه حرارت به منفی ۲۴ درجه سانتی‌گراد رسید. در تابستان، دما به طور میانگین ۳۵ درجه سانتی‌گراد و گاهی تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد صعود می‌کند (Climatestotravel, 2023).

شهر هرات در یکی از هموارترین مناطق جغرافیایی افغانستان واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۹۶۴ متر است. موقعیت جغرافیایی آن ۳۴,۲۲° شمالی و ۶۲,۲۲° شرقی است. (Climate.top, 2023)



شکل 1- منطقه مورد مطالعه (شهر هرات)

۲,۲ آبدهی منابع آب زیرزمینی شهر هرات

نظر به اطلاعات گرفته شده از حوضه هریروند شهر هرات آکيفر مورد مطالعه از نوع آزاد می باشد. مساحت آکيفر برابر به ۱۰۲ کیلومتر مربع می باشد. نظر به آمار ریاست حوضه هریروند به تعداد ۵۵۰ حلقه چاه در منطقه مورد مطالعه قرار دارد که عمدتاً به مصارف شرب، زراعت و صنعت استفاده می شود. در منطقه مورد مطالعه چشمه و یا قناتی وجود نداشت. وضعیت بهره برداری از چاه های فوق قرار ذیل است. (ریاست حوضه ی هریروند).

جدول 1- آب دهی چاه‌های منطقه مورد مطالعه شهر هرات (ریاست حوزه‌ی هرپورد)

M3/sec	آب دهی M3/year	مصارف	تعداد چاه	موقعیت
۰.۵۴	۱۷۰۰۰۰۰۰	خانگی، فضای سبز، صنعتی، شرب و اطفایه	۳۰ حلقه	شبکه آبرسانی
۰.۳۸	۱۲۰۰۰۰۰۰	خانگی، فضای سبز، صنعتی، شرب و اطفایه	۳۵۰ حلقه	چاه‌های عمیق در نقاط متفاوت شهر
۰.۰۹۵	۳۰۰۰۰۰۰۰	خانگی، فضای سبز، صنعتی، شرب	۱۷۰ حلقه	چاه‌های نیم عمیق در نقاط متفاوت شهر

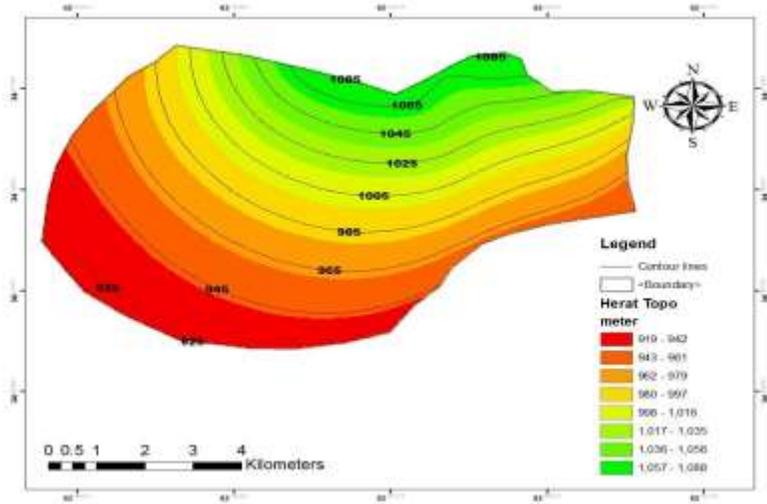
۲،۳ عمق سطح آب‌های زیرزمینی در شهر هرات

جهت بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی، جریان آب زیرزمینی، نقاط تغذیه و تخلیه و سایر ارزیابی‌ها هیدروژئولوژیکی وجود یک شبکه پیزومتری مناسب ضروری می‌باشد (صداقت، ۱۳۸۷). اما در شهر هرات شبکه پیزومتری موجود نمی‌باشد تا بتوان توسط شبکه پیزومتری عمق سطح آب را معلوم کرد. برای تعیین عمق سطح آب در شهر هرات از روش نمونه‌گیری استفاده شده است. در این روش از نقاط متفاوت شهر تقریباً از ۲۰۰ چاه عمیق و نیم عمیق نمونه‌گیری به عمل آمد که توسط این نمونه‌گیری‌ها عمق سطح آب در این شهر به دست آمد که قرار ذیل است.

۲،۴ تهیه مدل مفهومی

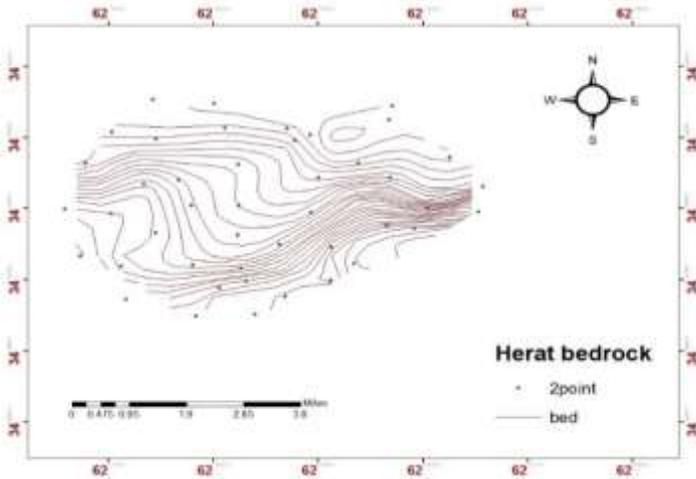
برای ایجاد مدل جریان در نرم افزار GMS از روش مدل مفهومی استفاده شده است. در این روش، ابزارهای GIS و گوگل Map به کار برده می‌شوند (مرادی، ۱۳۹۶). موقعیت منابع تغذیه و تخلیه مانند موقعیت چاه‌ها و تغذیه سطحی، پارامترهای لایه از قبیل هدایت هیدرولیکی، مرزهای مدل و اطلاعات دیگر مورد نیاز برای مدل‌سازی در سطح مدل مفهومی به نرم افزار داده می‌شود و سپس شبکه ایجاد و مدل مفهومی به مدل شبکه‌ای Grid Model تبدیل گردید (اکبرپور و عزیز، ۱۳۸۹). در ابتدا، محدوده دشت به مدل وارد می‌شود، سپس هر یک از ویژگی‌های آکیفر، منابع تغذیه و تخلیه و پیزومترها در یک پوشش جداگانه تعریف می‌شوند (صفوی، ۱۳۸۵). در مدل مفهومی محدوده مورد مطالعه، موقعیت چاه‌های بهره‌برداری و مشاهدات به مدل داده شد.

۲,۵ توپوگرافی محدوده مطالعاتی



شکل 2- نقشه توپوگرافی محدوده مورد مطالعه (شهر هرات-افغانستان)

۲,۶ نقشه تراز سنگ کف اکیفر



شکل 3- نقشه سنگ کف اکیفر محدوده مورد مطالعه (شهر هرات- افغانستان)

جدول 2- مقادیر نقشه سنگ کف اکیفر محدوده مورد مطالعه (شهر هرات)

No	latitude	longitude	bedrock	No	latitude	longitude	bedrock
1	34.370571°	62.240734°	453	23	34.339930°	62.204145°	640
2	34.360674°	62.255215°	470	24	34.337350°	62.214245°	670
3	34.366664°	62.221730°	432	25	34.331088°	62.204903°	677
4	34.359073°	62.233355°	488	26	34.331893°	62.193366°	690
5	34.374390°	62.241412°	492	27	34.331545°	62.176245°	722
6	34.368300°	62.216000°	500	28	34.340400°	62.184398°	755
7	34.375035°	62.198473°	478	29	34.353444°	62.181621°	762
8	34.376062°	62.183760°	502	30	34.345613°	62.173718°	770
9	34.367419°	62.173879°	508	31	34.346806°	62.162622°	779
10	34.359198°	62.167526°	522	32	34.334201°	62.166367°	812
11	34.365662°	62.184529°	528	33	34.327422°	62.206100°	843
12	34.368427°	62.201158°	534	34	34.322657°	62.177312°	850
13	34.365160°	62.217925°	566	35	34.318179°	62.194136°	877
14	34.355149°	62.223614°	543	36	34.325840°	62.199662°	993
15	34.355268°	62.240967°	577	37	34.318623°	62.208377°	993
16	34.347163°	62.249943°	590	38	34.323572°	62.215692°	993
17	34.352826°	62.263261°	587	39	34.327829°	62.226673°	993
18	34.345973°	62.221880°	600	40	34.336602°	62.226807°	993
19	34.347889°	62.204541°	609	41	34.342555°	62.240084°	993
20	34.358707°	62.204307°	625	42	34.332249°	62.232259°	993
21	34.354662°	62.189943°	660	43	34.341595°	62.246782°	993
22	34.347889°	62.193076°	655	44	34.346165°	62.262228°	993

عوامل تغذیه

• تغذیه از ریزش های جوی

بخشی از نزولات جوی بعد از رسیدن به سطح زمین به داخل خاک نفوذ می کند و این پدیده فقط شامل وارد شدن آب به داخل خاک است. این آب ممکن است در داخل زمین نیز به حرکت عمقی خود ادامه دهد تا سرانجام وارد لایه های آبدار زیر زمینی شده و جزء منابع آب زیر زمینی به حساب آید یا آن که صرف مرطوب کردن خاک شده و دوباره در اثر تبخیر و تعرق به هوا برگردد. در این تحقیق جهت تعیین مقدار نفوذ از فرمول (1) استفاده شده است و نیز جدول ۴ مقدار آب نفوذ یافته به دشت از سبب نزولات جوی را نشان می دهد.

$$F = \sum_{i=1}^{12} 0.8 (R - ClogE)^{0.5} \quad \text{Warren Viessman Gary L. Lewi } (1)$$

اجزای فرمول فوق:-

- F میزان نفوذ سالیانه (mm)
- E تبخیر و تعرق پتانسیل ماهیانه (mm)
- R بارندگی (mm)
- C ضریب ثابت وابسته به دما $C=0.6917 \times T - 0.3981$
- T متوسط درجه حرارت ماهیانه C

جدول ۳- ضریب ثابت وابسته به دما 1400C-1401

Jan	Feb	March	April	May	June	July	August	Sep	Oct	Nov	Dec
1.31	1.58	2	2	2.3	2.5	2.6	2.53	2.3	2.27	1.97	1.8
1.65	2	2.36	2.5	2.7	2.8	2.5	2.3	1.7	1.65	1.5	۲

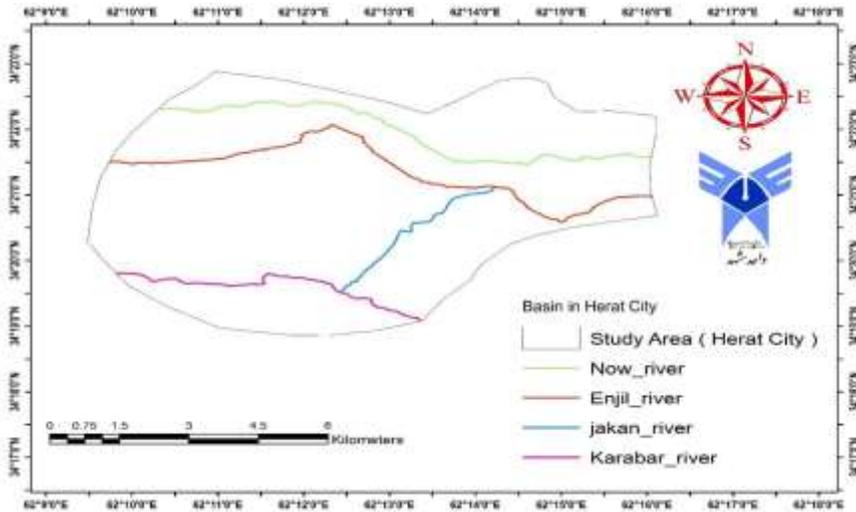
جدول 4- مقدار آب نفوذ یافته به دشت از سبب نزولات جوی 1400-1401

Jan	Feb	March	April	May	June	July	August	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
3	4	3.6	2.9	2.5	0	0	0	0	3.55	2.5	0.8	22.85m m
3.96	8.11	7.8	6.55	0	0	0	0	0	3.6	4	1	34.02m m

براساس آمار و اطلاعات دریافت شده از سازمان آب منطقه ای شهر هرات و محاسبات انجام یافته در سال اوسط بارش در شهر هرات ۱۸۵ میلی متر می باشد. با توجه به بافت خاک و الگوی کشت، ۱۵ فیصد از این مقدار در زمین نفوذ می کند. و باقی مانده به صورت جریان سطحی جاری می شود. با توجه به مساحت محدوده ۱،۵ میلیون مترمکعب به آکیفر نفوذ می کند.

تغذیه از جریانات دریا

همان طوری که در نقشه مشخص شده جریان های عبوری از چهار دریا انجیل، نو، کاربار و جکان در



مسیر خود از داخل شهر هرات عبور می کنند مقدار آبی که از دریای های ذیل وارد دشت هرات میشود از فرمول (۲) به دست می آید.

$$Qg = K.b.I \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad \text{علیزاده} \quad (۲)$$

اجزای فرمول فوق :-

Qg -میزان آب ورودی از رودخانه

K -ضریب هدایت هیدرولیکی

b -عرض قسمت خیس شده کانال

I -طول قسمتی از مسیر رودخانه که باعث تغذیه می شود

$\frac{\Delta h}{\Delta x}$ شیب هیدرولیکی بین سطح آب و رودخانه

شکل 4- جریان رودخانه ها در منطقه مورد مطالعه

شماره	رودخانه ها	طول (کیلومتر)	شیب	عرض (کیلومتر)	ضریب هدایت هیدرولیکی	میلیون متر مکعب
1	انجیل	۱۷	۰,۰۲۲	۶	۲*۱۰ ^۴	۷,۵
2	نو	۱۰	۰,۰۳	۸	۱,۷*۱۰ ^۴	۷,۵
3	کاربار	۱۰	۰,۰۱۵	۶	۱,۸*۱۰ ^۴	۳
4	جکان	۶	۰,۰۳۶	۶	۱,۳۵*۱۰ ^۴	۳

تغذیه ناشی از برگشت آب چاهای کشاورزی، شرب و صنعت

بر اساس اطلاعات حاصل، مصرف آب از منابع سطحی و زیرزمینی در محدوده آکیفر برابر با ۳۲ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. میزان تخلیه منابع آب زیرزمینی در سال تهیه بیلاس، حجمی معادل به ۳ میلیون متر مکعب به سفره آب زیرزمین نفوذ می‌نماید و همچنین حجمی در حدود ۵ میلیون متر مکعب از مصارف شرب و صنعت دوباره به سفره آب زیرزمینی شهر هرات برگشت می‌کند.

۲,۸ خلاصه تغذیه آکیفر

باتوجه به اعداد ارایه شده و بررسی پارامترهای ورودی و خروجی منطقه مورد مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که بیلان در شهر هرات در سال ۱۴۰۱ منفی و به میزان ۱,۵ میلیون متر مکعب خروجی از ورودی‌ها بیشتر است. بین عدد به دست آمده از تغییرات حجم در دوره بیلان و مقدار بیلاس بدست آمده از ورودی‌ها و خروجی‌ها به میزان ۰,۴۸ میلیون متر مکعب اختلاف است که می‌تواند به علت در دسترس نبودن اطلاعات کافی از شهر هرات و تقریبی بودن بسیاری از فاکتورها باشد. جدول ۶ خلاصه اجزای تغذیه سالانه آب‌های زیرزمینی شهر هرات را نشان می‌دهد. (ریاست حوضه هریورد-مرغاب ولایت هرات)

جدول 6- خلاصه اجزای تغذیه سالانه آب‌های زیرزمینی دشت هرات (ریاست زراعت و مالدری

شماره	اجزای	میلیون متر مکعب
1	ورودی از طریق نفوذ حاصل از ریزش‌های جوی	1.5
2	ورودی از طریق نفوذ رودخانه‌ها	21
3	ورودی از طریق نفوذ آبهای برگشت زراعتی	3
4	ورودی از طریق آب شرب و صنعت	5
5	ورودی از طریق چشمه‌ها	0
6	مجموع تغذیه	30.5

۲,۹ عوامل تخلیه

• برداشت از آب های زیرزمینی

با توجه به آمار و اطلاعات موجود تعداد ۴۵۰ حلقه چاه در سال بیلان فعال بوده و مورد بهره برداری قرار گرفته اند. میزان تخلیه این چاه ها ۳۲ میلیون متر مکعب در سال می باشد که در جدول ۷ به صورت خلاصه بیان گردیده است.

جدول ۷- خلاصه اجرای تخلیه سالانه آکیفر دشت هرات

شماره	اجزای	میلیون متر مکعب
۱	تخلیه توسط چاها	۳۰,۸
۲	خروجی از طریق جریانهای زیرزمینی	۱,۲
۳	حجم زهکشی	۰
۴	تخلیه توسط چشمه های و قنوات	۰
۵	مجموع تخلیه	۳۲

۲,۱۰ محاسبه تغییرات حجم آب زیرزمینی

برای برآورد تغییرات حجم ذخیره آکیفر از نتایج حاصل از ترسیم هیدروگراف واحد دشت و همچنین از رابطه (۳) بدست می آید که در جدول ۸ بیلاتس آب های زیرزمینی بیان شده است.

$$\Delta S = A \cdot S \cdot (\pm \Delta h) \quad \text{Warren Viessman Gary L. Lewis} \quad (3)$$

ΔS تغییرات حجم مخزن در سال آبی

A مساحت محدوده بیلان

S ضریب ذخیره آکیفر

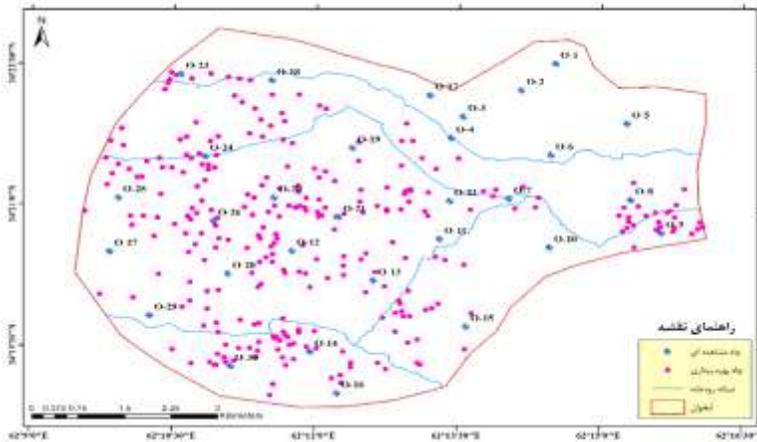
Δh تغییرات سطح آب

جدول ۸- بیلاتس آب زیرزمینی آکیفر شهر هرات

شماره	اجزای	میلیون متر مکعب
۱	مجموعه پارامتراهای ورودی	۳۰,۵
۲	مجموعه پارامترهای خروجی	۳۲
۳	تغییرات حجم	-۱,۵

۲،۱۱ چاه‌های بهره‌برداری

چاه یکی از قدیمی ترین روش‌های استفاده از آب زیرزمینی برای مصرف شرب و زراعت می باشد (مقدم و بندان، ۱۳۸۶). البته نقش چاه‌ها در تامین آب زراعت به دلیل مشکلات در بهره‌برداری از آنها، کمتر از سایر روش‌ها می باشد. چرا که برداشت آب از چاه مستلزم مصرف انرژی است. در گذشته در افغانستان از چاه‌های کم عمق استفاده می شد و برای انرژی مورد نیاز نیز از حیوانات استفاده شده است. براساس تخمین‌های سال ۱۹۶۰ در سطح کشور ۱۲۰۰ حلقه چاه کم عمق وجود داشته است که توسط آنها اراضی زراعتی آبیاری می شده اما امروزه با استفاده از تکنولوژی‌های جدید چاه‌های عمیق حفری و آب آنها توسط پمپاژ استخراج می گردد. بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی جهت مصارف شرب، صنعت، کشاورزی و سایر مصارف دیگر عمده ترین عامل در کاهش حجم منابع آبی موجود در هر منطقه می باشد. از طرف دیگر به علت کاهش نزولات جوی و تبخیر آن کاهش جریان‌ات سطحی، کشاورزان اقدام به حفر چاه‌های غیر مجاز نموده‌اند که این حفاری‌ها بدون توجه به وضعیت اکیفر انجام شده که باعث افت چشم‌گیر آب‌های زیرزمینی گردیده است.



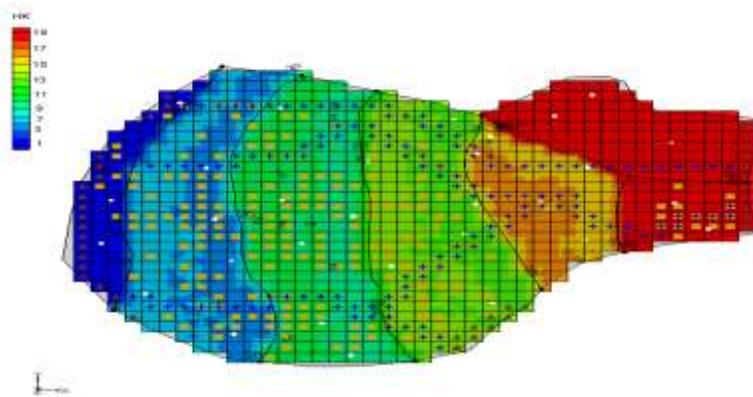
شکل 5- چاه‌های ناحیه مورد مطالعه شهر هرات (ریاست حوزه‌ی هریود-مرغاب)



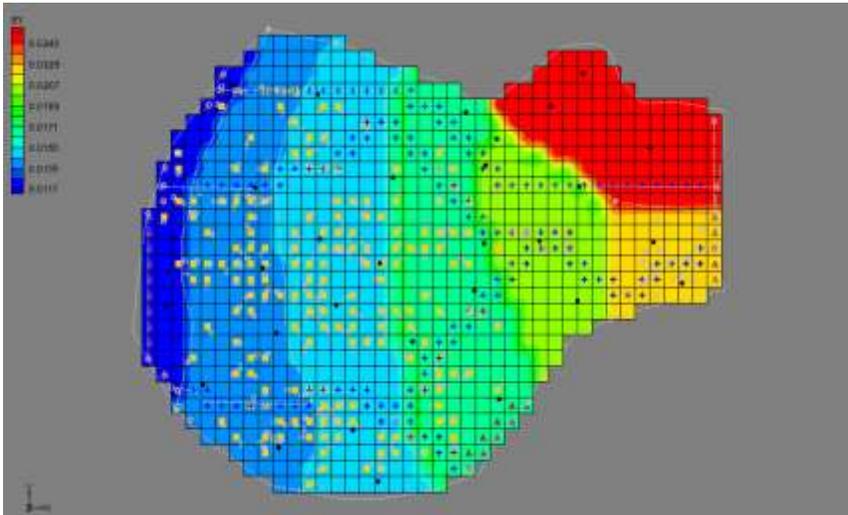
شکل 6- چاه‌های سولری و استخراج آب‌های زیرزمینی (شهر هرات-افغانستان)

۱۲، ۲ هدایت هیدرولیکی

هدایت هیدرولیکی توانایی یک محیط متخلخل برای عبور آب را نشان می‌دهد. یکی از ویژه گی های مهم رسوبات و سنگ ها از نظر حرکت آب‌های زیرزمینی و تشکیل طبقات آبدار ضریب هدایت هیدرولیکی آنها می‌باشد. مقدار این ضریب در رسوبات و سنگ‌ها به اندازه و تعداد فضاهای خالی و نحوه آرایش آنها بستگی دارد. پس از تعیین ضخامت اشباع آکیفر و قابلیت انتقال، هدایت هیدرولیکی در محل هر چاه محاسبه گردید. مقادیر حداقل و حداکثر هدایت هیدرولیکی به ترتیب ۱ تا ۲۰ متر در روز در پهنه آکیفر بدست آمد است. (حافظی، ۱۳۸۳، ص ۲۲).



شکل 7- نقشه میزان هدایت هیدرولیکی محدوده مورد مطالعه (شهر هرات-افغانستان)



شکل 8- نقشه میزان آبدهی ویژه محدوده مورد مطالعه (شهر هرات-افغانستان)

۳. یافته‌ها/ نتایج

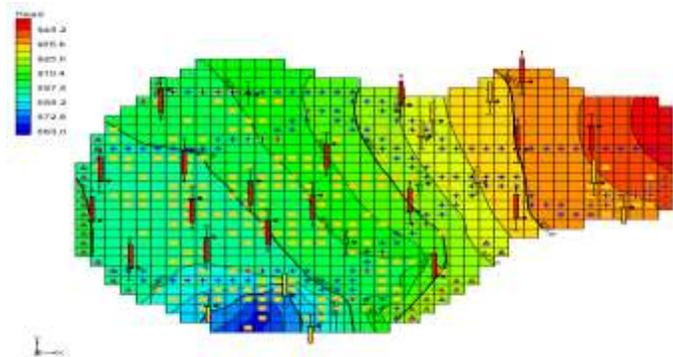
۳،۱ اجرای مدل کمی اکیفر

بعد از طی مراحل فوق و وارد کردن کلیه پارامترهای مورد نیاز، مدل برای اجرا آماده می‌شود. اجرای مدل در دو حالت ماندگار و غیرماندگار صورت می‌گیرد.

۳،۲ حالت ماندگار

در شرایط ماندگار، کلیه اطلاعات مورد نیاز شامل تغذیه از بارش و تخلیه از طریق تبخیر، سطح آب و مقدار ثابت مرزهای هیدرولیکی و دریاها برای مدت زمان یک ماهه (میزان) 1401 وارد مدل شد. پس از اجرای مدل بین سطح آب محاسباتی و مشاهداتی اختلافاتی وجود داشت که به دلیل عدم قطعیت در اطلاعات مورد استفاده و ساده سازی‌های صورت گرفته در مدل می‌باشد. در GMS حد مجاز اختلاف سطح آب مشاهداتی و محاسباتی به عنوان Interval به مدل معرفی می‌گردد که در این تحقیق مقدار Interval برابر ۱ متر در نظر گرفته شد. اگر اختلاف سطح آب مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در بازه تعیین شده قرار گیرد رنگ میله چاه مشاهداتی سبز خواهد بود. اگر میزان خطا کمتر از بازه معین شده باشد به رنگ زرد و اگر بیش از این مقدار باشد به رنگ سرخ خواهد بود. همانطور که در شکل (۸) ملاحظه می‌شود در تعداد زیادی از چاه‌ها اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی بیشتر از حد مجاز است. در نمودار شکل (۷) پراکنش تعدادی از نقاط اطراف نیز همین موضوع را مورد تأیید قرار می‌دهد. شکل (۸) نقشه تراز آب زیرزمینی در اولین اجرای مدل در حالت پایدار را نشان می‌دهد. نتایج

گرفته از اجرای مدل نشان داد که موقعیت سنگ کف آکیفر به خوبی ارزیابی نشده است به گونه ای که در برخی نواحی ارتفاع سنگ کف از تراز آب زیرزمینی بالاتر بود که نتیجه آن ایجاد سلول خشک بود بنابراین سنگ کف آکیفر با توجه به سنگ کف چاه‌های بهره‌برداری اصلاح گردید.

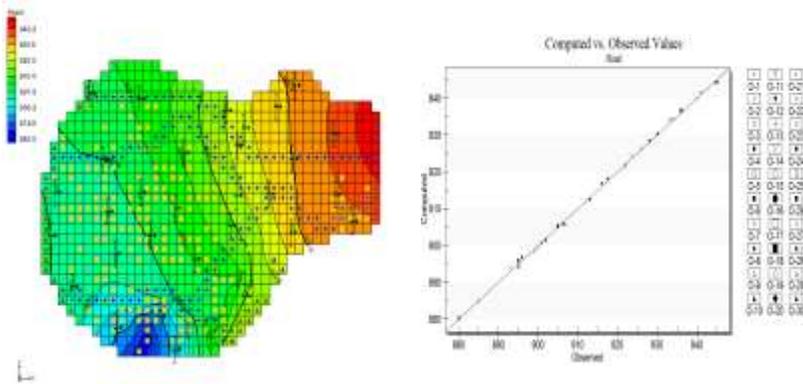


شکل 9- نقشه سطح ایستابی محدوده مورد مطالعه (شهر هرات-افغانستان)

۳,۳ واسنجی مدل در حالت ماندگار

در مدل پایدار شهر هرات، پارامترهای هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال در مرزهای ورودی و خروجی، نفوذ از بارندگی و روش‌های درون‌یابی مورد استفاده در ارتفاع تراز سنگ کف و سطح آب بصورت دستی مورد واسنجی قرار گرفت. با اولین اجرای مدل خط‌هایی در سطح آب مشاهده‌ای و محاسبه‌ای وجود دارد. در واسنجی دستی با تغییر مقادیر تغذیه و تخلیه در مناطقی که دارای عدم قطعیت بودند، مدل گام به گام تصحیح گردید. در واسنجی دستی، هر اجرا و مشاهده نتایج آن، پیامی را در بردارد که تفسیر این پیام باعث می‌شود هیدروژئولوژیست بیشتر با واقعیت منطقه آشنا گردد (Brewer, K. 2003). هر چه تعداد اجراها بیشتر باشد ضرایب بدست آمده بیشتر به مدل مفهومی نزدیک می‌گردند و در نتیجه میزان خطاها کمتر می‌گردد. باید توجه داشت که کاهش دادن خطاها بدون توجه به مدل مفهومی نتایج مناسبی را در بر نخواهد داشت و شبیه‌سازی یک شبیه‌سازی کاذب خواهد بود. پس از انجام واسنجی در حالت دستی به منظور افزایش دقت محاسبات در مرحله آخر واسنجی، پارامتر هدایت هیدرولیکی با استفاده از کد نرم‌افزار با استفاده از روش‌های معکوس هدایت هیدرولیکی بهینه شد. در بهینه‌سازی هدف رسیدن به نقطه‌های است که مجموع مربعات خطا کمتر باشد. در نهایت برآورد پارامترها را با توجه به شرایط مشخص شده و به منظور رسیدن به کمترین مجموع مربعات خطا، با اجرای مکرر انجام داده تا بهترین پاسخ بدست آید. در این روش نیز نتیجه تخمین پارامتر، حاصل شدن همبستگی بالا و دقیق موقعیت سطح ایستابی آکیفر را در برداشت. پس از اتمام واسنجی و بدست

آمدن مقدر بهینه برای پارامترها وضعیت سطح آب موجود از لحاظ خطای مشاهداتی و محاسباتی و تراز آب زیرزمینی محاسباتی بعد از واسنجی در شکل (۱۰) درآمد که میزان همبستگی این مقادیر در شکل نمودار (۹) آورده شده است.



شکل ۱۱- نقشه سطح ایستابی شهر هرات

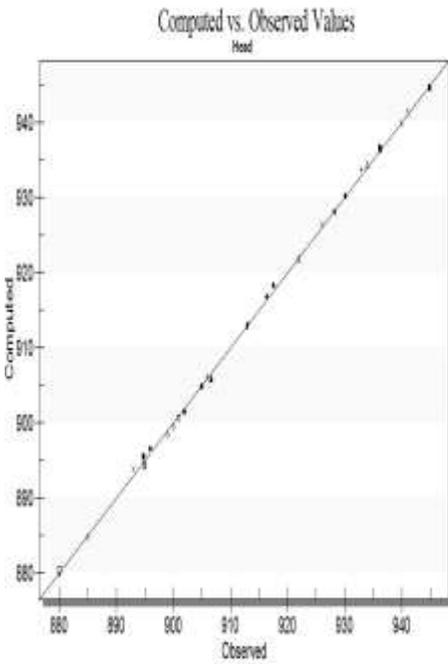
شکل ۱۰- برازش مقادیر تراز آب مشاهداتی و محاسباتی پس از واسنجی در حالت ماندگار

۱۳،۴ اجرای مدل در حالت غیرماندگار

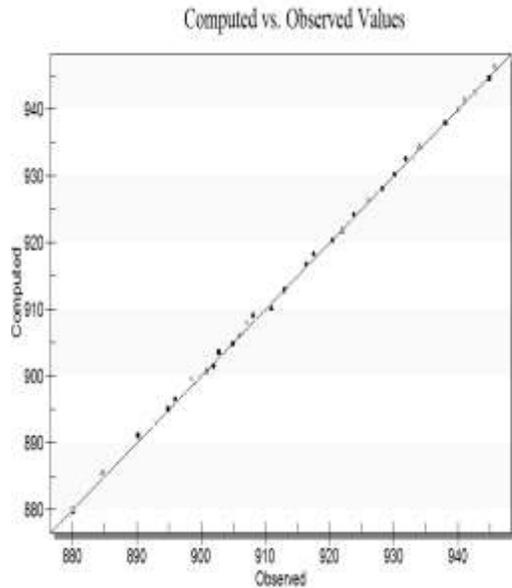
برای ایجاد یک مدل غیرماندگار، معمولاً بایستی حجم عظیمی از اطلاعات و داده‌های ناپایدار از منابع مختلف مثل داده‌های مربوط به پمپاژ، داده‌های تغذیه آکیفر، داده‌های مربوط به رودخانه و سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای را مدیریت کرد (طاهری و کمالی، ۱۳۹۵). جمع‌آوری و کار با چنین اطلاعاتی می‌تواند بسیار وقت‌گیر و خسته‌کننده باشد. GMS ابزارهایی را برای وارد کردن اطلاعات مربوط به سری-های زمانی و نیز تبدیل این اطلاعات به ورودی‌هایی برای مدل MODFLOW فراهم کرده است. در شرایط غیرماندگار، علاوه بر داده‌های ذکر شده در شرایط ماندگار، اطلاعات مربوط به میزان آبدهی ویژه نیز بایستی به مدل وارد شود (Kresic, N., 1997). بر اساس معلومات به دست آمده و جنس رسوبات تشکیل دهنده آکیفر، متوسط ضریب آبدهی شهر هرات در حدود ۵ درصد برآورد شده است. شرایط اولیه آکیفر مهرماه سال ۱۴۰۱ در نظر گرفته شد. شکل‌های (۱۱) و (۱۲) نمودارهای برازش را در گام دوم و انتهایی در اولین اجرای مدل نشان می‌دهند.

واسنجی مدل در حالت غیرماندگار

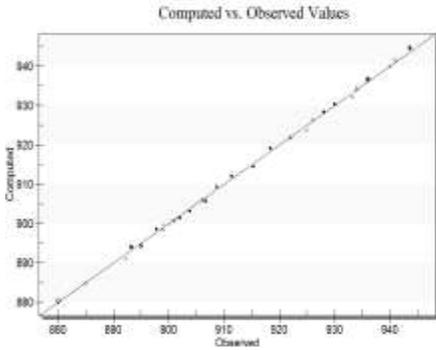
پس از اجرای مدل در شرایط غیرماندگار، واسنجی آن به صورت دستی با آزمون و خطا و با تغییر توام پارامترهای حساس برای ۱۲ دوره تنش انجام گرفت. پارامترهایی که در حالت غیرماندگار واسنجی می شوند شامل تراز مرزهای ورودی و خروجی اکیفر، تغذیه از بارش، تغذیه از جریان های سطحی و ضریب آبدهی ویژه به منظور دستیابی به سطح آب محاسباتی قابل قبول می باشد. زمان اتمام واسنجی در حالت غیرماندگار بستگی به دقت مدل در حالت پایدار و تعداد گام های زمانی دارد.



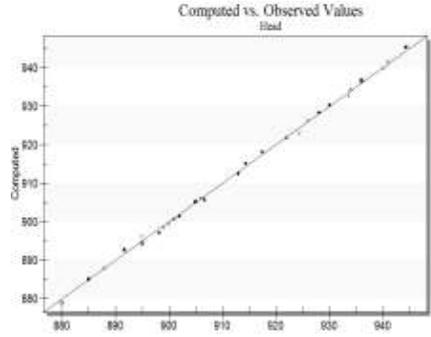
شکل ۱۳- نمودار برازش اولین اجرای مدل در حالت غیر ماندگار در گام انتهایی (میزان ۱۴۰۳)



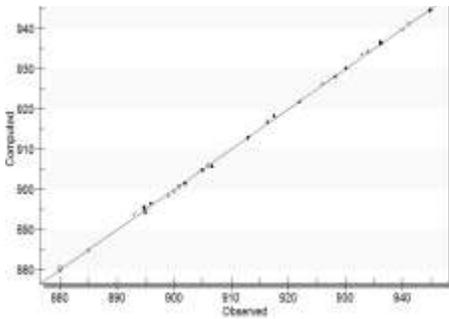
شکل ۱۲- نمودار برازش اولین اجرای مدل در حالت غیر ماندگار در گام اول (میزان ۱۴۰۲)



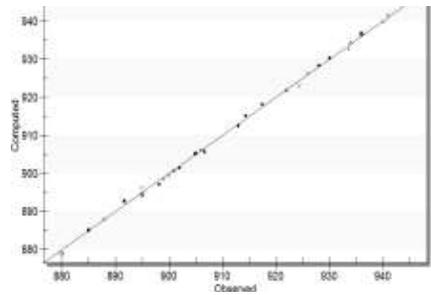
شکل ۱۵- نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت غیر ماندگار درگام سوم (جدی ۱۴۰۲)



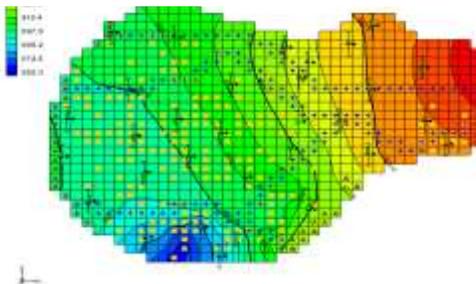
شکل ۱۴- نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت غیر ماندگار درگام اول (میزان ۱۴۰۲)



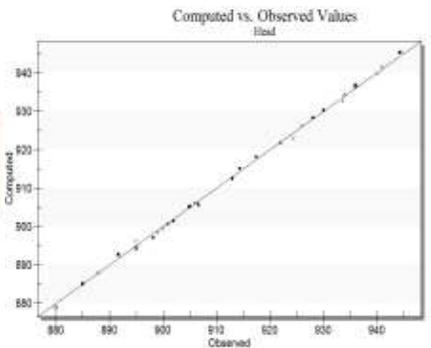
شکل ۱۷- نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت غیر ماندگار درگام نهم (جوزا ۱۴۰۳)



شکل ۱۶-نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت



شکل ۱۹- نقشه سطح ایستابی شهر هرات در حمل ۱۴۰۲



شکل ۱۸- نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت غیر ماندگار درگام دوازدهم (میزان ۱۴۰۳)

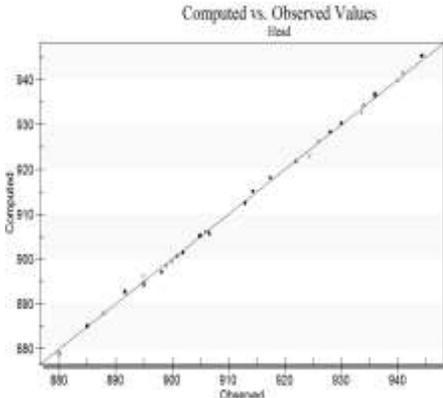
نتایج حاصل از واسنجی را به صورت گام‌های سه ماهه، به منظور نشان دادن دقت واسنجی در طول دوره در مدل را نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید پراکندگی نقاط نسبت به خط $y=x$ کم است و ضریب تبیین محاسبه شده دقت زیاد مدل را در شبیه‌سازی نشان می‌دهد. با این حال در تمامی گام‌ها مقدار RMSE در محدوده مجاز و حتی بهتر از آن قرار دارد و این مقادیر بیانگر دقت بالای مدل سازی می‌باشند.

Error Summary	
Head	
Mean Error:	0.059
Mean Abs. Error:	0.527
Root Mean Sq. Error:	0.591

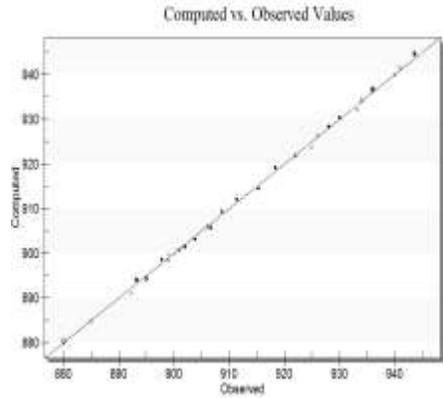
شکل ۲۰- مقادیر خطاهای محاسباتی پس از واسنجی مدل در حالت غیر ماندگار

۳,۶ صحت‌سنجی مدل

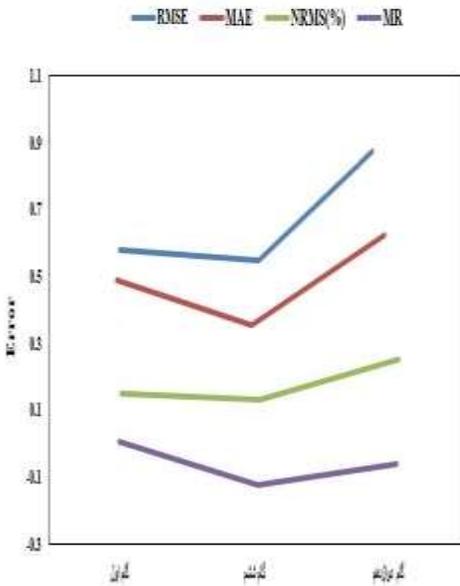
مدلی که با دقت مناسب کالیبره شده باشد، چنانچه تحت استرس‌های مختلفی غیر از استرس‌های دوره کالیبراسیون قرار گرفت بایستی نتایج قابل قبولی را ارائه کند (اصغری، ۱۳۸۸). یعنی بدون تغییر در مقادیر بهینه شده برای پارامترهای هدایت هیدرولیکی آکیفر، اطلاعات توپوگرافی و سنگ کف، شبکه بندی مدل و سایر خصوصیات آکیفر مدل بتوانند شرایط جدید راشبیه‌سازی کند (Bear, 1979). با توجه به اینکه مدل آب‌های زیرزمینی شهر هرات با موفقیت مرحله واسنجی را پشت سر گذاشته بود و میزان خطاها در مدل در حد قابل قبول بود، برای سال آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ مدل مورد صحت‌سنجی قرار گرفت و داده‌های این سال آبی اعم از میزان تخلیه چاه‌های بهره‌برداری، تخلیه از تبخیر، نفوذ از بارش و ... وارد مدل گردیده و مدل اجرا شد. خلاصه آماری مقایسه مقادیر محاسباتی با مشاهداتی تراز آب زیرزمینی آورده شده است با طولانی شدن گام‌های زمانی، میزان خطاها اندکی افزایش یافته است. ولی پایین بودن خطاها، این اطمینان را می‌دهد که ترکیب درستی از پارامترها در مدل به کار رفته است. میزان NRMS در تمامی گام‌های زمانی زیر ۱۰ درصد بوده که نشان دهنده دقت بالای مدل می‌باشد همچنین همبستگی بالای ایجاد شده در بین مقادیر تراز آب محاسباتی و مشاهداتی نشان می‌دهد که می‌توان از مدل در جهت پیش‌بینی وضعیت آکیفر پس از اعمال سناریوهای مورد نظر استفاده نمود. نتایج حاصل از صحت‌سنجی مدل در اشکال فوق ارائه شده است.



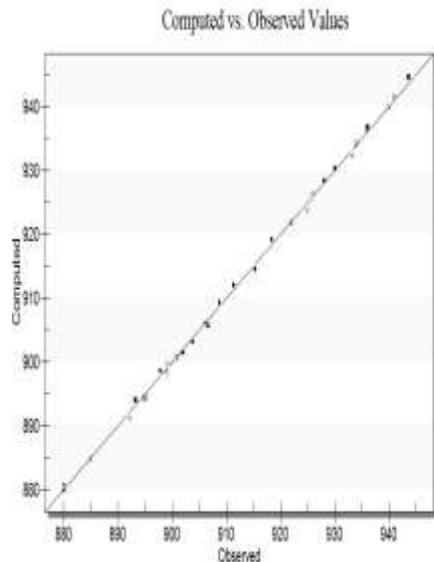
شکل ۲۲- نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت تغییر ماندگار درگام



شکل ۲۱- نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت غیر ماندگار



شکل ۲۴- مقادیر خطاهای محاسباتی صحت سنجی مدل در ۱۲ دوره تنش در حالت غیر ماندگار



شکل ۲۳- نمودار برازش بار محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی در حالت غیر ماندگار درگام دوازدهم (میزان ۱۴۰۲)

۴. مناقشه

یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که یکی از مهم‌ترین عوامل افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی در دشت شهر هرات، توسعه روزافزون سیستم‌های استخراج آب مبتنی بر انرژی خورشیدی است. در سال‌های اخیر، استفاده از پمپ‌های سولری به دلیل دسترسی آسان به انرژی آفتاب، هزینه پایین بهره‌برداری و قابلیت نصب در مناطق دورافتاده، با استقبال گسترده‌ای در بین کشاورزان مواجه شده است. این سیستم‌ها با توان بالا و بدون نیاز به سوخت‌های فسیلی، امکان برداشت مستمر از منابع زیرزمینی را فراهم کرده‌اند؛ به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند شهر هرات، که منابع سطحی آب بسیار محدود است.

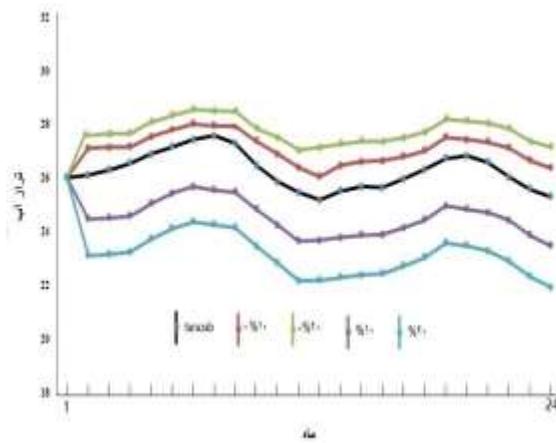
اما این فناوری نوین در غیاب یک چارچوب مدیریتی و نظارتی مناسب، به تهدیدی جدی برای پایداری منابع آبی تبدیل شده است. برخلاف سیستم‌های پمپاژ سنتی که به دلیل هزینه‌های سوخت و محدودیت زمانی، کنترل طبیعی بر برداشت‌ها اعمال می‌کردند، سیستم‌های سولری در تمام طول روزهای آفتابی فعال بوده و حجم بزرگی از آب را استخراج می‌کنند. ادامه این روند، بدون در نظر گرفتن ظرفیت تغذیه سفره‌های زیرزمینی، منجر به کاهش سطح ایستابی، خشک شدن چاه‌ها و حتی نشست زمین در بلندمدت خواهد شد.

افزون بر این، یکی دیگر از موانع جدی در راستای مدیریت علمی منابع آب زیرزمینی، کمبود داده‌های پایه‌ای و دقیق از وضعیت زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی منطقه است. در بسیاری از نقاط دشت، اطلاعاتی نظیر عمق و جنس سنگ بستر، شیب و توپوگرافی دقیق منطقه، و مقدار واقعی هدایت هیدرولیکی خاک و لایه‌های آبرفتی یا سنگی، یا وجود ندارند یا با دقت پایین ثبت شده‌اند. این کمبود اطلاعات موجب می‌شود که شبیه‌سازی‌های عددی مانند مدل MODFLOW با عدم قطعیت بالا همراه باشند، و نتایج آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های اجرایی کمتر قابل اعتماد باشند.

در نتیجه، دو چالش اساسی در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در دشت استان شناسایی شد: اول، برداشت بی‌رویه و بی‌برنامه از طریق سیستم‌های خورشیدی که با تشدید فشار بر منابع زیرزمینی، پایداری آن را تهدید می‌کند؛ و دوم، نبود داده‌های دقیق و جامع برای مدلسازی دقیق و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد. برای مقابله با این چالش‌ها، نیاز است که همزمان با ایجاد محدودیت‌ها و دستورالعمل‌های کنترلی بر نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های سولری، یک شبکه پایش جامع و مستمر در زمینه داده‌های هیدروژئولوژیکی و زمین‌شناسی نیز راه‌اندازی شود. تنها از این طریق می‌توان به سوی یک مدیریت علمی، پایدار و پاسخ‌گو برای منابع آب زیرزمینی این منطقه حرکت کرد.

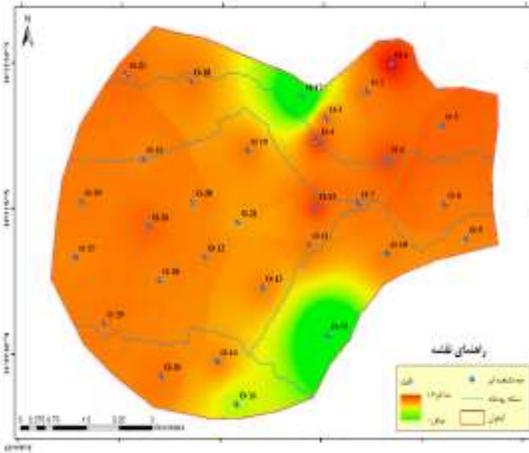
۴,۱ وضعیت کاهش و افزایش برداشت در چاه‌های بهره‌برداری

یکی از راه‌کارهای مناسب برای جلوگیری از افت شدید سطح آب زیرزمینی در منطقه، کاهش میزان برداشت از چاه‌هاست. در این سناریو بعد از اجرای مدل در یک سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ با کاهش و افزایش ۱۰ و ۲۰ درصدی در نرخ برداشت، هیدروگراف اکیفر برای یک سال با ۲۴ گام زمانی ترسیم گردید. همانطور که در شکل (۲۴) مشاهده می‌شود با کاهش و افزایش در نرخ برداشت چاه‌های بهره‌برداری، تراز آب زیرزمینی شهر هرات-افغانستان تغییرات قابل توجهی از خود نشان داده است. با کاهش ۱۰ درصدی در نرخ برداشت افت تراز آب زیرزمینی از بین رفته و حتی کمی بهتر شده است.

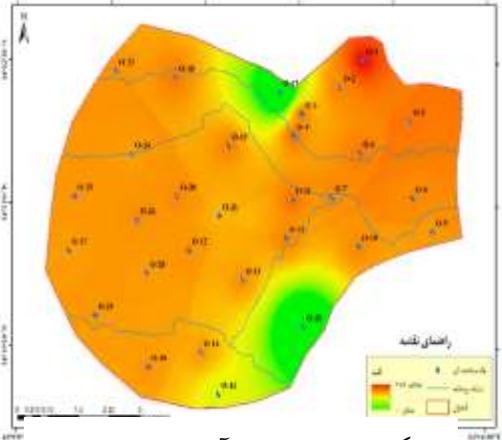


شکل ۲۵- تغییرات وضعیت تراز آب زیرزمینی شهر هرات پس از اعمال سناریو کاهش و

بر این اساس با جلوگیری از چاه‌های سولری می‌توان در بهبود وضعیت اکیفر نقش اساسی ایفا کرد. به عبارت دیگر در صورت اعمال ۲۰ درصد کاهش در مقادیر آب برداشتی اکیفر در شرایط فعلی به تثبیت خواهد رسید ولی برای برگشت اکیفر به شرایط اولیه لازم خواهد بود که میزان کاهش بیش از ۱۰ درصد در نظر گرفته شود.



شکل ۲۷- پیش‌بینی افت آب‌های زیرزمینی
شهر هرات در سه سال آینده



شکل ۲۶- پیش‌بینی افت آب‌های زیرزمینی
شهر هرات در پنج سال آینده

۴,۲ پیش‌بینی

نوسانات سطح آب زیرزمینی در شهر هرات

به منظور ارزیابی تأثیر سیاست فعلی برداشت از آب زیرزمینی بر اکیفر، مدل واسنجی شده برای دوره سه ساله و پنج ساله پس از واسنجی و صحت‌سنجی اجرا شد. نتایج نشان می‌دهد که با شرایط فعلی روند افت اکیفر محدودی مورد مطالعه ادامه خواهد داشت و در پایان دوره پیش‌بینی بین ۱,۵ الی ۲,۵ متر افت خواهد داشت.

نتایج حاصل از بررسی منطقه مورد مطالعه

- نقشه تراز آب زیرزمینی شهر هرات نشان می‌دهد که بیشترین عمق آب زیرزمینی برابر ۸۵ متر، در بخش شمال شرقی اکیفر و کمترین عمق آب زیرزمینی برابر با ۸ متر، در بخش جنوب غربی اکیفر می‌باشد.
- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی نشان می‌دهد که حداقل عمق برخورد به آب در جنوب شهر هرات در قریه نوین واقع شده که دارای عمقی کمتر از ۸ متر بوده و بیشترین عمق برخورد به آب حدود ۸۰ متر در حوالی خواجه عبدالله انصار می‌باشد.
- از آنجاییکه شهر هرات یک شهر زراعتی است و مصرف بی‌جا از آب‌های شیرین و حفر خودسر چاه‌های عمیق از دلایل عمده و اساسی افت آب‌های زیرزمینی در این ولایت می‌باشد. ده‌ها چاه هرات طی سال‌های اخیر برای آبیاری زمین‌هایشان اقدام به حفر چاه‌های عمیق نموده و با استفاده از سولرها

- خورشیدی به گونه افراطی هزاران هکتار زمین را آبیاری می‌کنند که این روند باعث افت چشم‌گیر آب‌های زیرزمینی شهر هرات شده است.
- با اجرای سناریوی کاهش و افزایش در میزان برداشت از چاه‌های بهره‌برداری این نتیجه حاصل شد که با کاهش چاه‌های سولری در شهر هرات درصدی در نرخ برداشت افت تراز آب زیرزمینی از بین رفته و حتی کمی بهبود حاصل می‌شود. لذا برای تثبیت تراز سطح اکیفر در وضعیت فعلی کاهش چاه‌های سولری در میزان بهره‌برداری توصیه می‌گردد.
 - با اجرای سناریوی دیگر برای جلوگیری از چاه‌های عمیق که خود سرانه در نقاط مختلف شهر هرات حفر می‌شوند می‌توان افزایش ۱۰ درصدی در آب‌های زیرزمینی شهر هرات مشاهده کرد.
 - جهت کلی جریان در شهر هرات از نواحی شمال شرق به جنوب غرب می‌باشد با تفاوت ارتفاع ۱۵۵ متر، و در بسیاری از نواحی ورودی آبراهه‌ها جریان آب زیرزمینی به اکیفر وارد می‌گردد. جهت جریان آب زیرزمینی نیز کم و بیش از این وضعیت تبعیت می‌نماید.
 - با بررسی نتایج حاصل از صحت‌سنجی مشخص شد که مدل توانسته شرایط طبیعی اکیفر را شبیه‌سازی کند و می‌توان به ترکیب پارامترهای به کار رفته در مرحله واسنجی و مرزهای هیدرولیکی اکیفر اطمینان حاصل کرد.
 - عدم تغذیه کافی اکیفر و پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی که برای مصارف گوناگونی از جمله کشاورزی، شرب و صنعت خارج می‌شود سبب بروز این پدیده می‌شود
 - شبیه‌سازی مدل برای سال آبی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ انجام گرفت که باتوجه به مقایسات انجام شده بین تراز آب محاسباتی توسط مدل GMS و تراز آب مشاهداتی می‌توان استنباط کرد که هم‌پوشانی مناسبی بین نمودارها وجود دارد. اختلاف جزئی در نمودارها می‌تواند به این دلیل باشد که در تراز آب مشاهداتی شرایط مختلف جریان در حالت طبیعی حکم فرما است. و در صورت وجود داده‌های تکمیلی می‌توان برای سال‌های آتی نیز پیش‌بینی‌هایی را ارائه داد.
 - در مرحله واسنجی به علت ایجاد سلول خشک در برخی نقاط اکیفر نیاز به تغییرات سنگ کف بود که در نهایت با انجام تغییرات لازم نتایج حاصل از واسنجی مدل حاکی از این بود که مدل توانسته به خوبی سطح آب را شبیه‌سازی کند.
 - نتایج بیانگر این است که عمق سنگ بستر شهر هرات در نواحی شمال شرق کمترین ارتفاع را به خود می‌گیرد. از نواحی شمال شرق عمق سنگ بستر زیاد شده، و به قسمت‌های مرکزی شهر هرات به بیشترین عمق خود می‌رسد. سپس عمق سنگ بستر از نواحی مرکزی به طرف جنوب غرب کم شده می‌رود. می‌توان گفت که آب‌های زیرزمینی شهر هرات در داخل یک شکل دره مانند واقع شده است.
 - بیشترین تغذیه آب‌های زیرزمینی شهر هرات از رودخانه هریرود و پشتان می‌باشد.

- پیش‌بینی مدل نشان می‌دهد که در سه سال آینده افت آب‌های زیرزمینی شهر هرات ۱,۵ متر و در پنج سال آینده ۲,۵ متر خواهد رسید.
 - هدایت هیدرولیکی منطقه براساس داده‌های ارائه شده از نتایج آزمایش پمپاژ صورت گرفته بر روی این دشت بعد از تصحیح ضخامت اشباع جدید استخراج گردید مقادیر حداقل و حداکثر هدایت هیدرولیکی ۱ و ۲۱ متر بر روز به دست آمد.
- جهت بهبود وضعیت و ادامه تحقیقات بعدی می‌شود به پیشنهادات ذیل اشاره داشت.
- ۱- مطالعات ژئوفیزیکی شهر هرات نسبتاً قدیمی بوده و نیز اطلاعات ناقصی از آنها در دسترس است. از این رو پیشنهاد می‌شود مطالعات ژئوفیزیکی جدیدتر با دقت قابل قبول‌تری در مکان‌های مناسب شهر هرات صورت گیرد تا با در دست داشتن اطلاعات دقیق‌تر بتوان با اطمینان بیشتری در تعبیر و تفسیر نتایج حاصله از آنها استفاده کرد.
 - ۲- پیشنهاد می‌شود مطالعات و کارهای بیشتری جهت تهیه اطلاعات مربوط به آب‌های سطحی به خصوص عرض رودخانه، قابلیت هدایت هیدرولیکی قائم از بستر رودخانه و ضخامت بستر رودخانه انجام شود.
 - ۳- بخاطر عدم موجودیت پزومترها جدید و کارآمد در شهر هرات پیشنهاد می‌شود به منظور اندازه‌گیری دقیق میزان آب زیرزمینی ورودی و خروجی، پزومترهای جدید بر روی مرزهای ورودی و خروجی ایجاد شود.
 - ۴- باتوجه به اینکه افت سطح ایستابی در شهر هرات به دلیل اضافه برداشت چاه‌های بهره‌برداری می‌باشد پیشنهاد می‌شود از برداشت بی‌رویه این چاه‌ها جلوگیری شود.
 - ۵- جهت تکمیل شبکه مشاهده‌ای به منظور آگاهی دقیق‌تر از سطح تراز آب آکifer، افزایش تعداد چاه‌های مشاهده‌ای در نقاط مختلف دشت توصیه می‌گردد.
 - ۶- با توجه به اینکه خطوط ارتفاعی سطح آب‌های زیرزمینی عمدتاً از توپوگرافی دست‌بعیت می‌کند و با توجه به اهمیت مقادیر مشاهداتی سطح ایستابی توصیه می‌شود نقشه توپوگرافی دشت و مختصات چاه‌ها به صورت دقیق‌تر برداشت شود.
 - ۷- پیشنهاد مکانیابی مناطق مناسب از لحاظ تغذیه و بررسی روش تغذیه‌ی آکifer
 - ۸- به کار بستن مدیریت صحیح در منابع و مصرف آب شهر هرات.
 - ۹- گرچه مدل ارائه شده در این تحقیق یک مدل شبیه‌سازی است اما می‌توان با تلفیق آن با مدل‌های بهینه‌ساز از آن در مدیریت یکپارچه منابع آب شهر هرات استفاده کرد.
 - ۱۰- مطلع نمودن مصرف‌کنندگان اصلی آب یعنی کشاورزان، ریشه‌یابی آن در چارچوب برنامه‌های متعدد اطلاع‌رسانی به طرق مختلف و با وسایل گوناگون به نحوی که بتوان با یک بسیج عمومی برای

برون رفت از بحران، اقدامات اساسی انجام داد. زیرا در کاری چنین مهم و بزرگ پشتیبانی آگاهانه همه مردم به ویژه مصرف کنندگان اصلی آب الزامی است.

۵.۵. مأخذ

اژدری مقدم، م. و باندانی، ا.، (۱۳۸۶)، "شبه سازی آکifer شور با استفاده از مدل ریاضی آبهای زیرزمینی"، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین.

اکبریور، ع. عزیزی، م.، آقا حسین، ع.، و شیرازی، م.، (۱۳۸۹) "مدیریت بهره برداری از آبهای زیرزمینی آکifer مختاران با استفاده از مدل ریاضی GMS"، نهمین کنفرانس هیدرولیکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

حسینی، سید علی، "هری رود" انتشارات انستیتوت مطالعات استراتژیک افغانستان، کابل، چاپ اول، ۱۳۹۷.

شمسایی، م؛ و امیریگی، م. ع. (۱۳۸۳). "مدیریت بهره برداری آبهای زیرزمینی یزد با استفاده از مدل ریاضی." اولین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

شهسواری، ع؛ خدایی، ک. (۱۳۸۴). "تهیه مدل جریان آب زیرزمینی آکifer دشت بهبهان با استفاده از GIS." مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

صداقت، محمود؛ "زمین و منابع آب"، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، چاپ اول، ۱۳۸۶.
صفوی، حمید؛ "هیدرولوژی مهندسی" انتشارات ارکان، اصفهان، چاپ سوم، (۱۳۸۵).
طاهری تیزرو، ع؛ کمالی، م. (۱۳۹۵). "مدل سازی آکifer دشت نویسرکان با مدل MODFLOW و ارزیابی وضعیت هیدرولوژی تحت شرایط موجود و آینده." فصل نامه علمی - پژوهشی مهندسی منابع آب.

علیزاده، امین. "اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات شهر قدس رضوی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.

مرادی، مریم. (۱۳۹۶). "مدل سازی کمی آب های زیرزمینی دشت خوی با نرم افزار GMS" پایان نامه کارشناسی ارشد کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز.

مقدم، اصغری؛ "اصول شناخت آب های زیرزمینی"، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، چاپ اول، ۱۳۸۸.

Bear, J. (1979) "Hydraulics of groundwater", Mc Graw Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering

Brewer, K. (2003) Uncertainty Analysis with Site Specific Groundwater Models: Experiences and Observations (No. ERD-EN-2003-0126). Savannah River Site (US).

Kresic, N., 1997. Quantitative Solutions in Hydrogeology and Groundwater Modeling. Lewis Publishers, U.S.

Emace, R., Chodhury, A., Anaya, R., Way, S.C., 2000. A numerical groundwater flowmodel of the upper and middle Trinity aquifer. Hill Country area, Texas Water Development Board, Open _ file Report 00.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol.1 NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

حذف رنگینه عضوی کرستل ویولیت از محلول های آبی توسط خاکستر نبات
کاکوتی

Removal of the organic dye crystal violet from aqueous solutions by Kakuti plant ash

Mohammad Shaker Dahzad¹ 

Senior Teaching Assistant, Faculty of Education, Badakhshan University

Received: 26/6/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

In this study, the adsorption capacity of Kakuti plant ash which were collected from the mountains of Kib village, Jurm district of Badakhshan province on the removal of the organic dye crystal violet (CV) from aqueous solutions was studied. Initially, the adsorbent was prepared in its natural form and then powdered. The obtained powder was converted into ash by a furnace at a temperature of 500 °C. Kakuti plant ash was characterized by Fourier transform spectroscopy (FT-IR) and scanning electron microscopy (SEM). In this study, the effects of various factors such as pH, contact time, initial dye concentration, adsorbent amount, ionic strength and temperature were also investigated. Later, thermodynamic parameters such as standard enthalpy changes, standard entropy changes and standard Gibbs free energy changes were calculated. Thermodynamic studies showed that the amount of adsorption of the dye krestel violet increases with increasing temperature of the natural adsorbent kakuti plant ash, which indicates that the adsorption process is endothermic. The kinetic

¹. Email: dehzashaker25@gmail.com

conditions of adsorption were investigated with pseudo-first-order and pseudo-second-order kinetic models, and the results showed that the adsorption process of krestel violet follows the pseudo-second-order kinetic model. The isotherm of the adsorption process was investigated using the Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin-Radeshevich models. The experimental results showed that the process with the maximum adsorption capacity (44.8 mg/g) for krestel violet follows the Langmuir model.

Keywords: isotherm, kinetics, kakuti plant ash, adsorption, krestel violet

چکیده

در این تحقیق، ظرفیت جذب خاکستر نبات کاکوتی جمع آوری شده از کوه‌های قریه کیب، ولسوالی جرم ولایت بدخشان بالای حذف رنگینه عضوی کرستل ویولیت (CV) از محلول‌های آبی مورد مطالعه قرار گرفت. در ابتدا جاذب به شکل طبیعی آن تهیه گردید و بعداً پودر ساخته شد. پودر به دست آمده توسط دستگاه کوره در تحت درجه حرارت ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به شکل خاکستر تبدیل شد. خاکستر نبات کاکوتی توسط دستگاه‌های طیف سنجی تبدیل فوریه (FT-IR) و اسکن الکترون مایکروسکوپ (SEM) خصوصیت‌یابی شد. در این مطالعه، اثر فکتورهای مختلفی چون: pH، زمان تماس، غلظت اولیه رنگ، مقدار جاذب، قدرت آیونی و درجه حرارت نیز مورد بررسی قرار گرفت. بعداً پارامترهای ترمودینامیکی مانند تغییرات انتالپی استندرد، تغییرات انتروپی استندرد و تغییرات انرژی آزاد گیبس استندرد، محاسبه گردید. بررسی‌های ترمودینامیکی نشان داد که مقدار جذب ماده رنگی کرستل ویولیت با افزایش درجه حرارت بالای جاذب طبیعی خاکستر نبات کاکوتی بیشتر می‌گردد که نشان دهنده اندوترمیک بودن پروسه جذب است. شرایط کنتیک جذب، با مودل‌های کنتیک شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم بررسی شد و نتایج به دست آمده نشان داد که پروسه جذب کرستل ویولیت از مودل کنتیک شبه مرتبه دوم پیروی می‌کند. ایزوترم پروسه جذب با استفاده از مودل‌های لانگمویر، فروندلیچ، تمکین و دوینین-رادشکویچ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجارب نشان داد که پروسه با حداکثر ظرفیت جذب (44.8 mg/g) برای کرستل ویولیت از مودل لانگمویر پیروی می‌کند.

کلمات کلیدی: ایزوترم، کنتیک، خاکستر نبات کاکوتی، جذب، کرستل ویولیت.

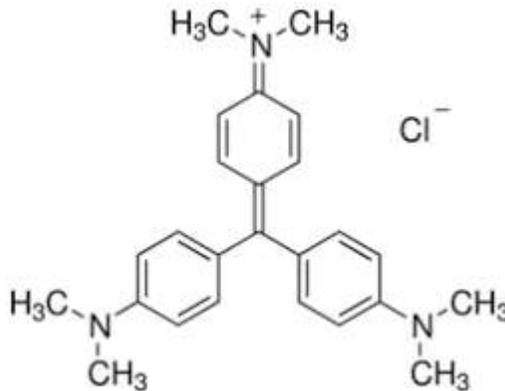
۱ - مقدمه

فاضلاب‌های ملوث با مواد رنگه ناشی از صنایع نساجی، پلاستیک، کاغذ، چرمگری و سایر صنایع به طور مداوم در حال افزایش هستند که این پدیده در تمام جهان و به ویژه کشورهای در حال توسعه، زیاد نگران کننده است (Hessel et al., 2006). رنگ‌های موجود در این فاضلاب‌ها معمولاً خطرناک هستند و می‌تواند به سرعت وارد محیط زیست شده و در آن پخش شوند (Popli & Patel, 2015). آلوده‌کننده‌های رنگی از نفوذ نور در آب جلوگیری نموده و از این خاطر به شکل قابل ملاحظه‌ای بالای فتوسنتز اثر منفی می‌گذارند (Aseel et al., 2017). کرستل ویولیت (CV) به عنوان یک رنگ مفید و رایج در صنایع مختلف از جمله منسوجات، رنگ نمودن دواها و غیره، به دلیل داشتن مقاومت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی خاصیت سرطان زایی داشته و به صحت و سلامت انسان صدمه می‌زند (Satapathy & Das, 2016). تجمع کرستل ویولیت در بدن منجر به بروز بیماری‌های سخت مانند درد شکم، استفراغ و نارسایی‌های تنفسی می‌شود (Salehi et al., 2016). با وجود خطرات جدی آن، متأسفانه بسیاری از شرکت‌های تولیدی فاضلاب‌های خود را به دریاها و نهرها رها می‌کنند که این عمل منجر به آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی می‌شود. تمام فاضلاب‌ها حاوی انواع مرکبات عضوی سمی مضر برای ماهی‌ها و سایر حیوانات در ایکوسیستم آبی هستند. قبل از تخلیه فاضلاب‌ها، لازم است که رنگ‌ها حذف شوند.

روی همین دلیل دانشمندان در تلاش برای حل مشکلات محیط زیستی ناشی از آلودگی در سراسر جهان هستند. بنابراین، حذف رنگ‌های سمی از منابع آبی یکی از مهم‌ترین دغدغه و نگرانی‌های دهه‌های اخیر است. روش‌های مختلفی مانند تخریب اکسیداتیف، انعقاد الکتریکی/برقی، فیلتریشن غشایی و اوزونیشن (Bessegato et al., 2016) کاربردهای زیادی را در راستای حذف رنگینه‌های سمی، دارند. در این میان، جذب به عنوان یک روش آسان، مقرون به صرفه و اقتصادی که معمولاً توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است. علاوه بر جاذب‌های معمولی از جمله ژئولیت، کاربن فعال، الومینا و کمپوزیت‌های سنتیز شده‌ی جدید (Anirudhan & Ramachandran, 2015)، جاذب‌های بیولوژیکی به عنوان ماده سبز و سازگار با محیط زیست، اخیراً مورد توجه قرار گرفته است که از یک سو اقتصادی بودن و از سوی هم قابل به دسترس بودن شان زمینه استفاده وسیعی آن‌ها را برای حذف رنگینه‌های سمی از محلول‌های آبی بیشتر نموده است (Fu et al., 2015).

برای مثال، استفاده از کاربن فعال به عنوان جاذب، برای تصفیه فاضلاب‌ها به عنوان یک روش مؤثر شناخته شده است؛ اما قیمت بودن آن زمینه جستجویی راه‌ها و مواد کم هزینه‌تری را به عنوان جاذب پیشنهاد می‌کند (Deepak et al., 2017). در عین حال، چندین روش دیگر برای حذف رنگ‌ها مانند اوکسیدیشن با اوزن یا هایدروجن پراکساید، تجزیه بیولوژیکی و تبادل آیونی استفاده شده است (Sharani., 2020). در تحقیق حاضر، خاکستر نبات کاکوتی به عنوان یک جاذب طبیعی و قابل به

دسترس و ارزان برای حذف رنگینه عضوی کرستل ویولیت از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته است. کرستل ویولیت (CV) که از جمع رنگینه‌های عضوی کتیونی می‌باشد که دارای فورمول کیمیایی مالیکولی $C_{25}H_{30}N_3Cl$ و فورمول ساختمانی ذیل است:



فورمول ساختمانی کرستل ویولیت

۲. مواد و روش کار

۲.۱ مواد کیمیایی مورد استفاده

این مطالعه در لابراتوار تحقیقاتی دکتر محمد خواه زمستان ۱۳۹۷ در دیوهنتون گیلان کشور ایران، انجام شد. در این تحقیق خاکستر نبات کاکوتی (در اصطلاح محلی ولایت بدخشان بلک/جمبیل) به‌عنوان جاذب مورد استفاده قرار گرفت. این نبات از کوه‌های قریه کیب ولسوالی جرم ولایت بدخشان افغانستان، جمع آوری شده است. ابتدا نبات به‌صورت طبیعی آن تهیه و بعداً در زیر نور آفتاب خشک گردید. پس از خشک شدن نبات به شکل پودر تبدیل گردید و بعداً پودر حاصله توسط دستگاه کوره در تحت درجه حرارت ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به خاکستر تبدیل گردید و سپس خاکستر به دست آمده به‌عنوان جاذب مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق، از ماده کیمیایی کرستل ویولیت ساخت شرکت مارک آلمان که از جمع رنگینه‌های کتیونی است، استفاده گردیده است. محلول ذخیره با غلظت $mg.L^{-1}$ ۵۰۰۱ از حل نمودن ۰/۵ گرم آن در آب مقطر به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر، تهیه گردید. سایر مواد مورد نیاز در این تحقیق، مانند امونیم هایدروکساید، هایدروکلوریک اسید و سودیم هایدروکساید جهت تنظیم pH از نمایندگی‌های مربوط به شرکت مارک از شهر رشت-گیلان کشور ایران، تهیه گردیده است.

دستگاه‌های مورد استفاده

در این تحقیق که اساس لابراتواری دارد، از دستگاه‌های pH متر با دقت ۰/۰۱ دیجیتلی مودل MTT65، ترازوی دیجیتلی با چهار رقم اعشاری RADWAG مودل AS220.R2، مخلوط کننده حرارتی Grant Operation، مخلوط کننده مقناطیسی، آون VETILATOR، سنتر فیوژر Hettich UNEVERALII، مخلوط

Removal of the organic dye crystal violet from aqueous...

کن مکانیکی پنکه آزماگستر مدل TM52، اسپکتروفوتومتر Parkin Elmer JUNIOR Model135، طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه vertex 70- BRUMKER (FT-IR)، اسکن الکترون میکروسکوپ (SEM) TESCAN MIRA3، دستگاه آب مقطر^L GFL و کوره استفاده گردیده است.

مشخصات جاذب و روند جذب

مطالعات FT-IR^M توسط طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (از کلمه Fourier نام ریاضی دان فرانسوی) به خاطر شناسایی گروپ‌های وظیفوی مسئول جذب در محدوده‌ی عدد موجی ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ cm⁻¹ انجام گردید. مورفولوژی و شکل خاکستر نبات کاکوتی با استفاده از دستگاه اسکن الکترون میکروسکوپ (SEM^N) مورد بررسی قرار گرفت. محلول‌های مورد استفاده به وسیله رقیق سازی محلول ذخیره آماده شد. سپس تجارب جذب سطحی به هدف بررسی اثر pH، زمان تماس، مقدار جاذب، غلظت اولیه رنگ، قدرت آیونی و درجه حرارت بالای جذب کرسطل ویولیت توسط خاکستر نبات کاکوتی انجام شد. بررسی‌ها طوری انجام شد که ابتدا از رنگینه کرسطل ویولیت محلول‌ها را در حجم ۵۰ mL تهیه نموده و هر مرتبه یکی از این عوامل مؤثر بر جذب را تغییر داده و با ثابت نگهداشتن دیگر فکتورها، مقدارهای مورد نظر مشخص گردید. پس از تهیه محلول‌ها، هر کدام توسط دستگاه مخلوط کننده مکانیکی با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه^O (rpm) مخلوط گردید و بعداً به وسیله دستگاه ستریفیوژ صاف گردیده و جذب آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج حداکثر (۵۹۰ nm) خوانده شد. فیصدی حذف و مقدار رنگ جذب نشده بالای جاذب توسط فورمول‌های (۱) و (۲) محاسبه گردید.

$$\%Sorption = \frac{C_i - C_e}{C_e} \times 100$$

(۱)

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times v$$

(۲)

در روابط فوق C_i و C_e به ترتیب غلظت اولیه و غلظت جذب ناشده یا تعادلی رنگ را برحسب (mg.L⁻¹) نشان می‌دهد. در ضمن q_e ظرفیت جذب در حال تعادل برحسب (mg.g⁻¹)، V حجم محلول برحسب (L) و m مقدار جاذب را برحسب (mg) نشان می‌دهد. شکل شماره (۱) تصویر از نبات کاکوتی را نشان می‌دهد.

^L Gesellschaft fur Labortechnik

^M Fourier Transform Infrared Spectroscopy

^N Scanning Electron Microscopy

^O revolutions per minute



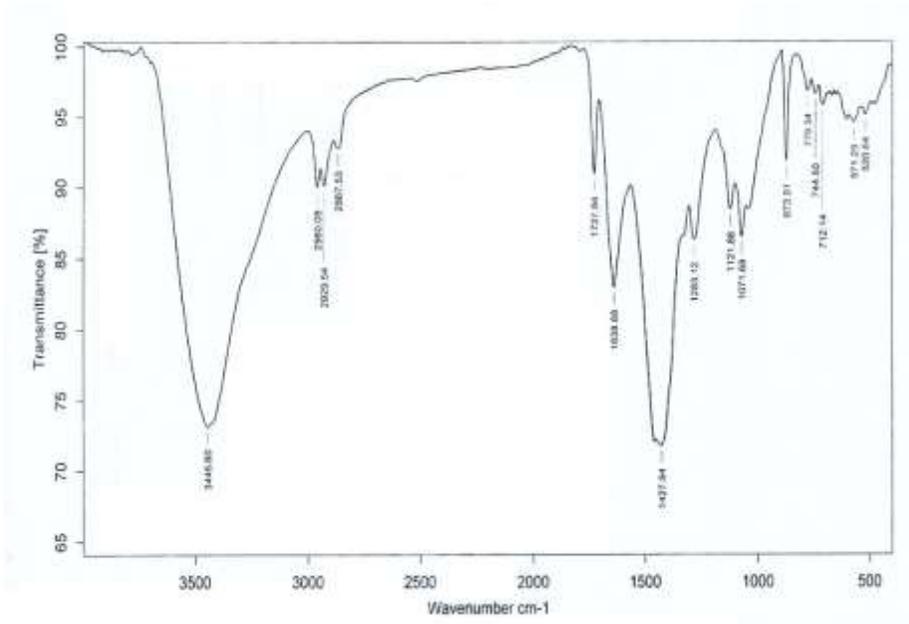
شکل ۱: تصویر نبات کاکوتی

تعیین مشخصات جاذب

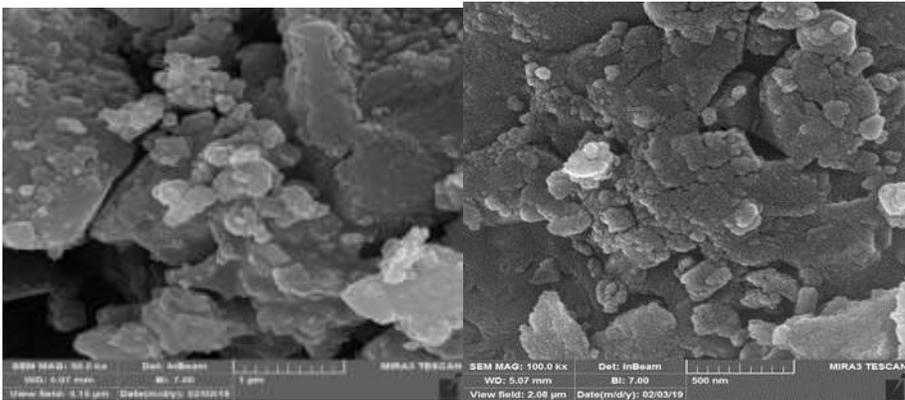
طیف FT-IR برای خاکستر نبات کاکوتی بدون تماس با آلوده‌کننده در محدوده‌ی عدد موجی (عدد موجی به عنوان معکوس طول موج می‌باشد) 500 تا 4000 cm^{-1} اسکن گردید. طیف گرفته شده به وسیله دستگاه مذکور در شکل (۱) نشان داده شده است. نوار جذبی مشاهده شده در بین ناحیه $3445/60 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاش کششی قوی گروپ‌های هایدروکسیل مربوط به گلوکوز که جزء تشکیل دهنده اصلی مرکبات سلولوزی است، می‌باشد. نوارهای جذبی پدیدار شده در بین نواحی $2960/08$ ، $2929/54$ و $2867/53 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاشات کششی رابطه کاربن- هایدروجن (C-H) می‌باشند. نوارهای جذبی در عدد موجی $1727/94 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به رابطه کاربن- اوکسیجن (C=O) و همچنان نوارها با اعداد موجی $1427/94$ تا $1638/88 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به رابطه کاربن- کاربن (C=C) مربوط خواهند شد.

آشکار شدن نوارها در عددهای موجی $1283/12$ ، $1121/88$ و $1071/66 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاشات خمشی (نوعی از اهتزازات مالیکولی که در آن زاویه بین روابط کیمیای تغییر می‌کند) رابطه کاربن- هایدروجن (C-H) هستند. نوارهای جذبی در بین نواحی $873/91$ ، $779/34$ ، $774/50$ و $712/14 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به رابطه سلیکان- اوکسیجن (Si-O) و سلیکان- سلیکان (Si-O-Si) می‌باشند. همچنین نوارهای پدیدار شده در عددهای موجی $571/28$ و $520/64 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاشات خمشی ساختار سلیکان- المونیم- اوکسیجن (Si-O-Al) است. از تخنیک SEM به طور گسترده برای تعیین مورفولوژی (ساختار کرستلی)، شکل و مشخصات جاذب استفاده گردیده است. تصاویر SEM خاکستر نبات کاکوتی با بزرگ نمایی 10000 تا 50000 در شکل (۳ الف و ب) نشان داده شده است. داشتن ساختار متخلخل جاذب مکان‌های مناسبی برای جذب و به دام کشیدن مالیکول‌های کرستل ویولیت توسط این ماده، می‌باشد.

Removal of the organic dye crystal violet from aqueous...



شکل ۲: طیف FT-IR خاکستر نبات کاکوتی



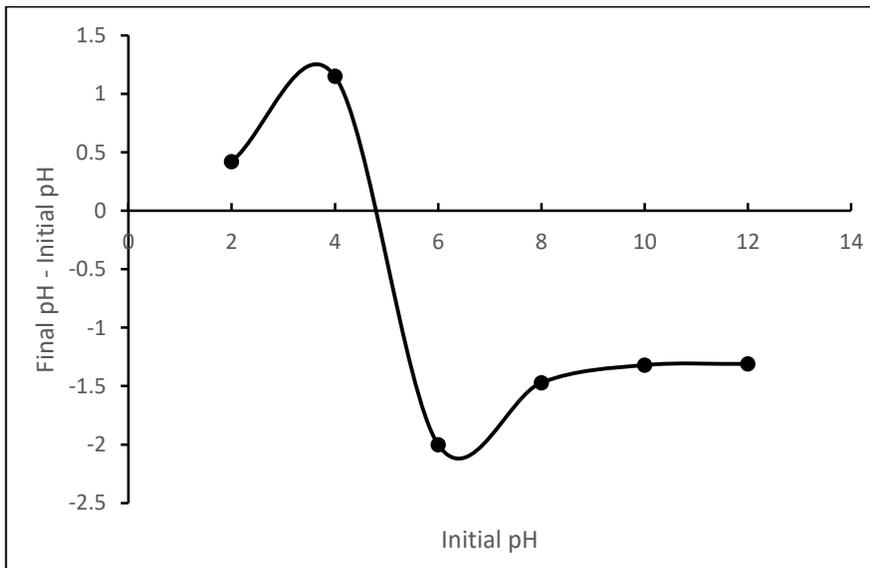
(ب)

(الف)

شکل ۳: تصاویر SEM از خاکستر جاذب نبات کاکوتی. (الف) با بزرگ نمایی ۱۰۰۰۰ و (ب) با بزرگ نمایی ۵۰۰۰۰

pH نقطه چارج صفر^P (pH_{PZC})

نقطه‌ای از pH که چارج‌های سطحی جاذب برابر صفر گردد، نقطه چارج صفر نامیده می‌شود. اهمیت مشخص کردن این نقطه جهت تعیین خصوصیات سطح جاذب می‌باشد؛ بدین طریق که در pH بالاتر از نقطه مذکور سطح جاذب دارای چارج منفی می‌شود و به این ترتیب آیون‌های با چارج مخالف (آیون‌های مثبت) به آسانی جذب این سطح می‌شوند. همچنین در pH پایین‌تر نیز چارج‌های سطحی مثبت می‌شوند و آیون‌های با چارج منفی سریعتر جذب می‌شوند (Fiol & Villaescusa, 2009). در مطالعه حاضر برای بررسی این اثر، ابتداءً ۵۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار نمک سدیم کلوراید تهیه گردید. بعداً از محلول نمک تهیه شده، محلول‌های مختلفی در حجم ۵۰ میلی لیتر و با تنظیم نمودن pH آن‌ها توسط محلول‌های هایدروکلوریک اسید HCl و سدیم هایدروکساید NaOH آماده شد. سپس مقدار ۶۰ میلی‌گرم جاذب به هر یک از محلول‌ها علاوه شد و همراه مخلوط‌کننده مکانیکی به مدت ۲۴ ساعت مخلوط گردید. بعد از فلتر نمودن محلول‌ها توسط کاغذ صافی، pH آن‌ها خوانده شده و ثبت گردید. نهایتاً مقدار pH های به دست آمده از pH اولیه کم گردید که دیاگرام آن در شکل (۴) قرار ذیل نشان داده شده است.



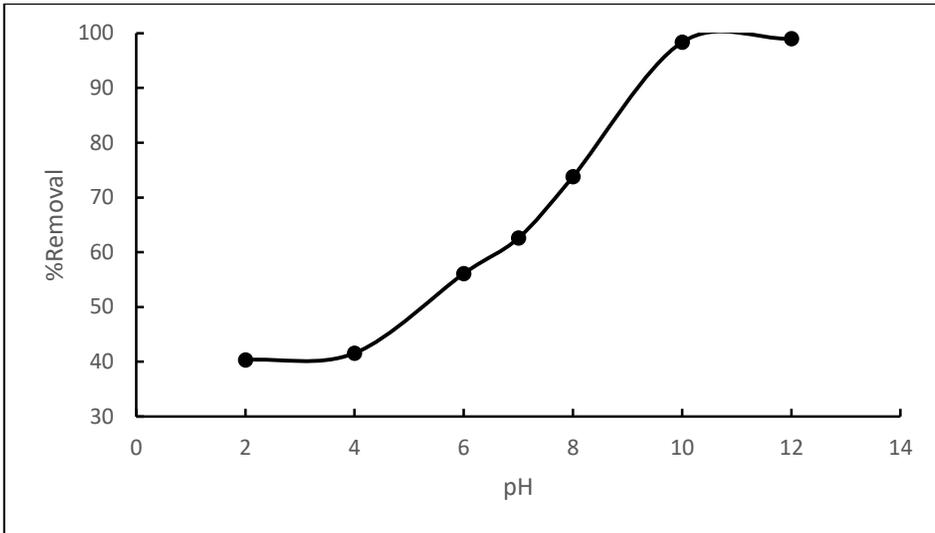
شکل ۴: دیاگرام نقطه چارج صفر برای خاکستر کاکوتی

^P Point of Zero Charge

۳. یافته‌ها/نتایج

بررسی اثر pH

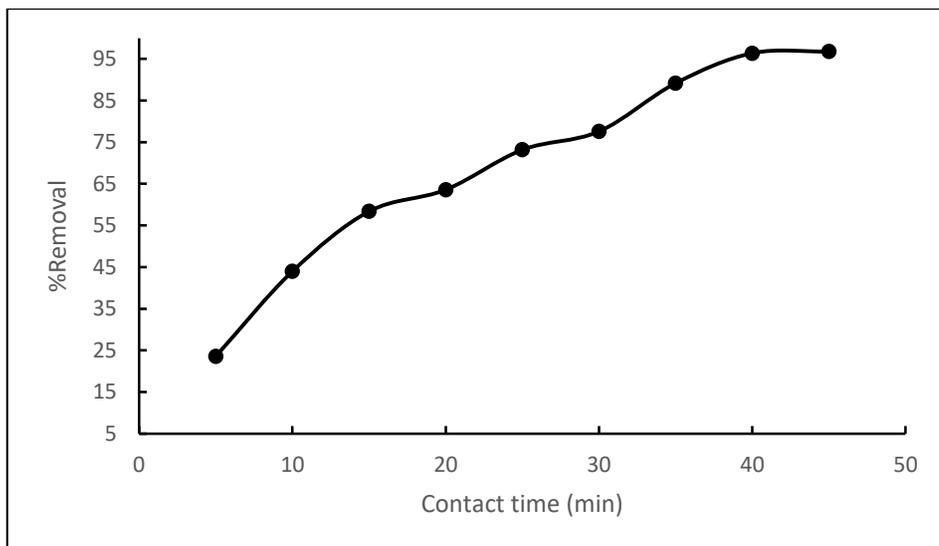
pH یکی از مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار روی پروسه جذب سطحی است (Sara et al., 2014). در این مطالعه، به منظور بررسی این اثر روی مقدار حذف، محلول‌های از رنگینه کرسطل ویولیت با حجم ۵۰ mL و غلظت 50 mg.L^{-1} در محدوده‌ی pH های ۲ الی ۱۲ با استفاده از محلول‌های رقیق سودیم هایدروکساید و هایدروکلوریک اسید، تهیه گردید. پس از تهیه محلول‌ها با pH مختلف، ۵۰ میلی‌گرم جاذب به هر کدام افزوده شده و در درجه حرارت محیط به مدت ۶۰ دقیقه توسط مخلوط‌کننده مکانیکی با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه، مخلوط شدند. سپس به خاطر جدا کردن جاذب از محلول، به مقدار ۲۸ میلی‌لیتر از هر کدام محلول‌ها با استفاده از دستگاه ستریفیوژ به مدت ۵ دقیقه تکان داده شد و پس از جدا کردن جاذب برای تعیین مقدار کرسطل ویولیت جذب نشده، از هر کدام محلول‌ها مقدار ۵ میلی‌لیتر را اخذ و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر عملیات جذب انجام شد. نهایتاً با استفاده از منحنی کالیبراسیون محاسبات آن انجام گردید و نتایج به دست آمده در شکل (۵) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده مطابق شکل (۵) نشان می‌دهد که با افزایش pH فیصدی حذف رنگینه کرسطل ویولیت از محلول‌های آبی توسط جاذب خاکستر کاکوتی افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. همانطور که در دیاگرام مشاهده می‌شود، بعد از $\text{pH} 10$ میل منحنی به تدریج آهسته شده و تقریباً ثابت باقی می‌ماند. از این رو، $\text{pH} 10$ به عنوان pH مناسب برای بررسی اثر سایر پارامترها تعیین شد. اینکه فیصدی حذف کرسطل ویولیت با تنزیل pH کاهش چشم‌گیری داشته است به این دلیل است که در pH های اسیدی آیون‌های H^+ در محیط به صورت زیاد موجود بوده و برای اشغال مکان‌های سطح جاذب همراه کتیون‌های رنگی رقابت می‌کنند و این عمل مانع جذب کمتر آن‌ها می‌گردند. برعکس، با افزایش pH، سطح مکان‌های جاذب حاوی چارج منفی به دلیل حضور آیون‌های OH^- مشبوع گردیده که این امر موجب ازدیاد عمل متقابل و جاذبه‌های الکترواستاتیکی بین جاذب و کتیون‌های رنگی شده و در نتیجه مقدار جذب، بیشتر می‌گردد.



شکل ۵: اثر pH بر میزان حذف کرستل ویولیت توسط خاکستر کاکوتی

بررسی اثر زمان تماس

زمان تماس نیز از جمع دیگر فکتورهای اثرگذار بالای پروسه جذب به شمار می‌رود. جاذب‌های با کارایی بالا در فاصله زمانی کوتاه بیشترین فیصدی حذف را دارند. در این تحقیق، جهت بررسی اثر زمان تماس بالای پروسه جذب، ۵۰ mL محلول‌های کرستل ویولیت با غلظت 50 mg.L^{-1} در pH مورد نظر آماده گردید. سپس به آن ۵۰ میلی‌گرم جاذب علاوه شد و در محدوده‌ی زمانی ۵ تا ۴۵ دقیقه توسط مخلوط‌کننده مکانیکی با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه مخلوط کرده شد. سپس مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از آن‌ها با دستگاه ستریفیوژ برای مدت ۵ دقیقه جهت جدا ساختن محلول از جاذب، تکان داده شد. به دنبال آن ۵ میلی‌لیتر از هر کدام محلول‌ها که در محدوده زمانی مختلف (۵ تا ۴۵ دقیقه) مخلوط شده بودند را برداشته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب شان گرفته و ثبت گردید و مورد تحلیل و محاسبه قرار گرفت. اطلاعات به دست آمده مربوط به جذب کرستل ویولیت توسط جاذب خاکستر کاکوتی در شکل (۶) نشان داده شده است. مطابق شکل مشاهده می‌شود که فیصدی حذف رنگینه کرستل ویولیت توسط خاکستر کاکوتی با افزایش زمان تماس، بیشتر می‌شود. در آغاز میل منحنی حذف روند صعودی داشته و سریع‌تر است؛ دلیل چنین رفتار را می‌توان به حضور مکان‌های خالی روی جاذب که در ابتدا قابل به دسترس (خالی) است، نسبت داد. ولی با مرور زمان و پس از دقیقه ۴۰ میل خط هموار شده و تغییری چندانی در فیصدی حذف مشاهده نمی‌شود. این را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که بعد از مدت زمان ۴۰ دقیقه سایت‌های خالی روی جاذب همراه با کرستل ویولیت پر شده و سیستم جذبی به تعادل رسیده است. بنابراین، زمان ۴۰ دقیقه به‌عنوان زمان مورد نظر برای بررسی اثر سایر فکتورها روی پروسه جذب، انتخاب گردید.

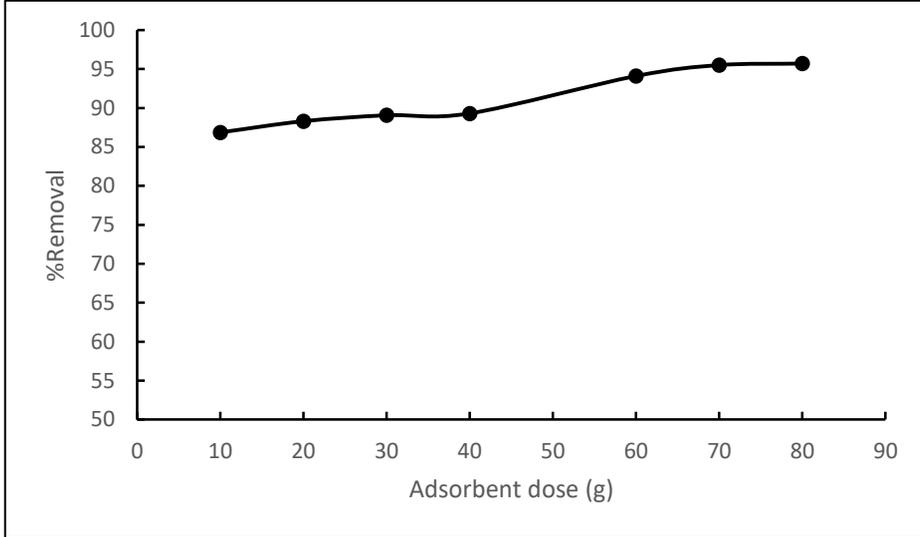


شکل ۶: اثر زمان تماس بر میزان فیصدی حذف کرستل ویولیت توسط خاکستر کاکوتی

بررسی اثر مقدار جاذب

یکی دیگر از فکتورهای مهمی که بر روی پروسه جذب اثرگذار بوده و لازم است که در حین مطالعات جذبی مورد بررسی قرار گیرد، مطالعه اثر مقدار جاذب می باشد. چون با افزایش مقدار جاذب، سطح تبادل موجود برای جذب تعادلی و تعداد سایت های که باید در اختیار ماده جذب شونده قرار گیرد و پروسه جذب صورت بگیرد، افزایش می یابد. جهت بررسی اثر این فکتور، محلول های از کرستل ویولیت در حجم ۵۰ میلی لیتر با غلظت 50 mg.L^{-1} در $\text{pH} 10$ ، تهیه گردید و سپس از خاکستر نبات کاکوتی به عنوان جاذب، مقدارهای متفاوتی در محدوده ۱۰ تا ۸۰ میلی گرام در هر کدام از محلول ها افزوده شد. بعداً هریک از محلول های حاوی مقدار متفاوت جاذب توسط مخلوط کننده مکانیکی با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه برای مدت ۴۰ دقیقه مخلوط ساخته شد. به خاطر جدا نمودن جاذب از محلول های مربوطه ۳۰ میلی لیتر از هر کدام آن ها برداشته و برای مدت ۵ دقیقه توسط سنتریفیوژ چرخانده شد و بعداً از هر کدام به اندازه ۵ میلی لیتر را برداشته و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب شان دریافت گردید. نتایج و اطلاعات حاصله، پس از تجزیه و تحلیل در شکل (۷) نشان داده شده است. مشاهده می شود که با افزایش مقدار جاذب، فیصدی حذف رنگینه کرستل ویولیت بیشتر می گردد. یعنی با افزایش مقدار جاذب مساحت سطح و تعداد سایت های قابل به دسترس برای ماده جذب شونده بیشتر شده و در نتیجه باعث افزایش فیصدی حذف می گردد. اما، همانگونه که در دیاگرام (۷) مشاهده می - شود روند افزایش فیصدی حذف آنقدر وابسته به مقدار جاذب نیست، زیرا همان مقدار ۱۰ میلی گرام

جاذب حدوداً ۸۸ فیصد حذف رنگ را به همراه دارد. لذا میل منحنی فیصدی حذف در حد زیاد سریع نبوده و با رسیدن به مقدار ۶۰ میلی گرام جاذب به تدریج آهسته شده و به تعادل می‌رسد. بنابراین، مقدار ۶۰ میلی گرام جاذب به عنوان مقدار مناسب برای بررسی سایر تجارب در این مطالعه، انتخاب گردید.



شکل ۷: اثر مقدار جاذب بر میزان جذب کرستل ویولیت

بررسی اثر غلظت اولیه رنگ

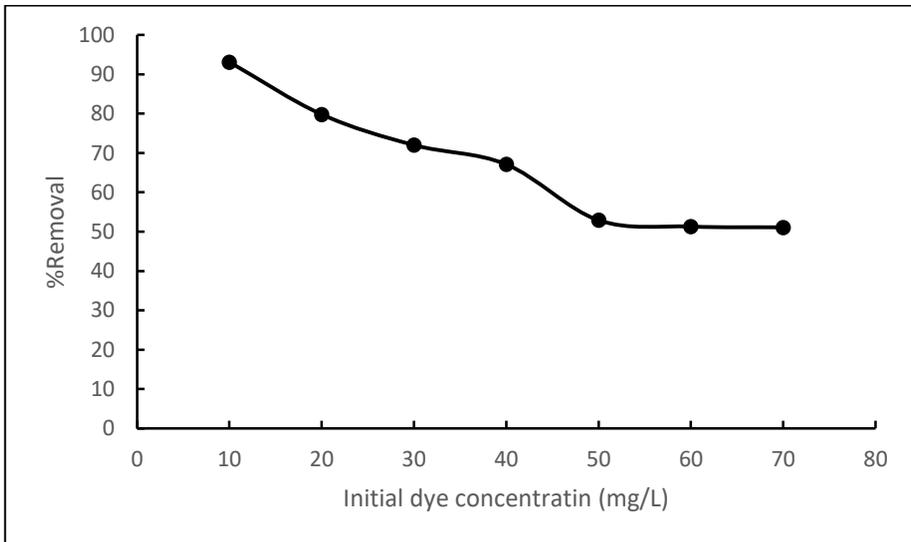
اثر غلظت اولیه ماده جذب شونده فکتور مهمی است که می‌تواند بر نتیجه حذف اثرگذار باشد (Rahman et al., 2012). در این تحقیق، به منظور بررسی اثر غلظت اولیه CV، محلول‌های از این رنگینه در حجم ۵۰ mL و با غلظت‌های مختلف بین ۱۰ تا ۷۰ میلی گرام بر لیتر در تحت شرایط مورد نظر pH ۱۰، مقدار ۶۰ میلی گرام جاذب و برای مدت زمان ۴۰ دقیقه توسط مخلوط کننده مکانیکی با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه (rpm) مخلوط ساخته شد. سپس با استفاده از دستگاه سنتریفیوژ محلول‌ها فلتر گردید و مقدار ۵ میلی لیتر از هر کدام را برداشته و به دستگاه اسپکتروفوتومتر انتقال داده و پس از خواندن جذب، آنالیز داده‌ها و انجام محاسبات، نتایج حاصله در جدول (۱) و شکل (۸) نشان داده شده است. همان طور که داده‌های جدول (۱) نشان می‌دهد، با افزایش غلظت اولیه ماده رنگی کرستل ویولیت میزان فیصدی حذف کاهش و ظرفیت جذب افزایش نموده است، زیرا در این حالت حفره‌های جذبی فعال روی سطح جاذب به سرعت توسط ماده جذب شونده اشغال می‌گردند. مطابق شکل (۸) مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت اولیه رنگ مقدار حذف کاهش یافته و دیاگرام میل نزولی پیدا می‌کند. چون در ابتدا تعداد مالیکول‌های کمتر جذب شونده در محلول حضور داشته و حفره‌های خالی بیشتری آماده پذیرش این مالیکول‌ها می‌باشند؛ ولی با افزایش غلظت ماده جذب

Removal of the organic dye crystal violet from aqueous...

شونده مالیکول‌های بیشتری برای اشغال حفره‌ها رقابت می‌کنند، در حالی که تعداد حفره‌ها ثابت است. بنابراین، فیصدی جذب کاهش می‌یابد.

جدول ۱: اثر غلظت اولیه کرستل ویولیت بر مقدار فیصدی حذف توسط خاکستر کاکوتی

C (mg.L ⁻¹)	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
فیصدی حذف	93/1	79/8	72	67/1	52/9	51/3	51/1
ظرفیت جذب	6/56	12/38	17/46	23/56	29/8	35/8	45/5

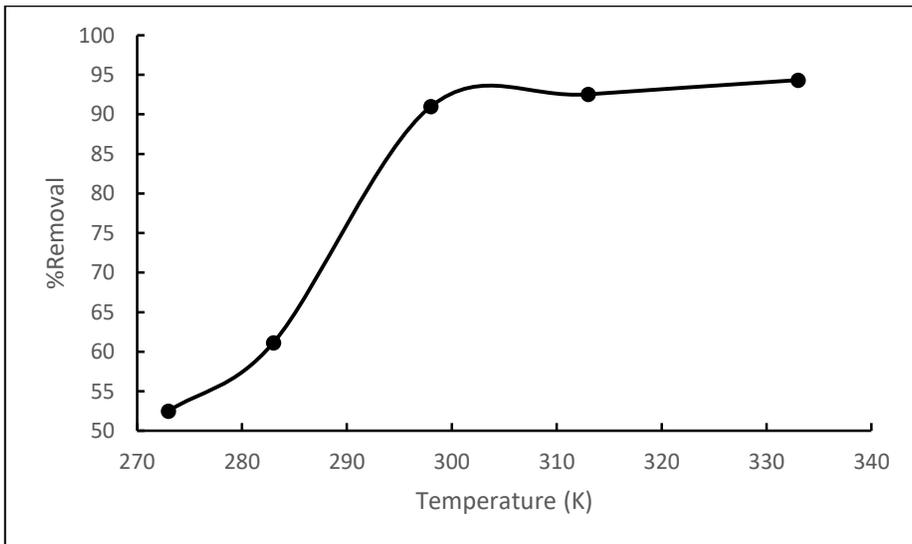


شکل ۸: اثر تغییر غلظت اولیه کرستل ویولیت بر مقدار فیصدی حذف توسط خاکستر کاکوتی

بررسی اثر درجه حرارت

درجه حرارت نیز یکی دیگر از فکتورهای مهم و اثرگذار روی پروسه جذب است. به کمک درجه حرارت معلومات بسیار خوبی در مورد تغییرات انرژی آزاد گیبس استاندارد (ΔG°)، تغییرات انتالپی استاندارد (ΔH°) و تغییرات انتروپی استاندارد (ΔS°) به دست می‌آید. به منظور بررسی اثر درجه حرارت بالای مقدار جذب CV توسط خاکستر نبات کاکوتی، تجارب در محدوده‌ای درجه‌های حرارتی مختلف

(۰، ۱۰، ۲۵، ۴۰ و ۶۰) سانتی‌گراد انجام گردیده و نتایج آن در شکل (۹) نشان داده شده است. از مشاهده دیاگرام (شکل ۸)، به این نتیجه می‌رسیم که با افزایش درجه حرارت مقدار (فیصدی) حذف رنگینه CV افزایش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار فیصدی حذف تا رسیدن به درجه حرارت حدوداً ۳۰۵ کالوین شدیداً افزایش یافته اما پس از آن تغییرات آنچنان زیادی در روند حذف دیده نمی‌شود و تقریباً ۹۰ فیصد ماده تا رسیدن به این درجه حرارت، حذف می‌گردد. بنابراین، درجه حرارت ۲۹۸ کالوین به‌عنوان درجه حرارت مناسب برای این مطالعه، انتخاب گردید. در ضمن با افزایش درجه حرارت تغییرات فیصدی حذف روند صعودی داشته و این دلالت بر اندوترمیک بودن پروسه جذب توسط خاکستر کاکوتی دارد.



شکل ۹: اثر دما بر میزان جذب کرسطل ویولیت توسط خاکستر کاکوتی

اثر قدرت آیونی

بعضی از پروسه‌های صنعتی، مانند پروسه رنگ‌کاری در حین فعالیت‌های خود مقادیر زیادی نمک را مصرف می‌کنند. بنابراین فاضلاب‌ها، دارای مقدار زیاد نمک خواهند بود و این از جمله فکتورهای مهمی است که می‌تواند بالای پروسه جذب اثر گذار باشد. به منظور مطالعه قدرت آیونی محلول روی پروسه جذب CV توسط خاکستر نبات کاکوتی، از نمک سودیم کلوراید NaCl سه غلظت متفاوت در اندازه‌های ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ مولر تهیه گردید. طوری که از مقادیر مولرته‌های مزبور همراه با همان شرایط مناسب ۵۰ mL محلول کرسطل ویولیت با غلظت $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ میلی‌گرم جاذب و در زمان ۴۰ دقیقه توسط مخلوط‌کننده مکانیکی تماس داده شد. بعد از جدا کردن جاذب از محلول، توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب شان خوانده شده و ثبت گردید. بعد از انجام محاسبات نتایج آن در جدول (۲)

Removal of the organic dye crystal violet from aqueous...

درج شده است. با توجه به ارقام موجود در این جدول مشاهده می شود که با افزایش غلظت نمک فیصدی حذف رنگینه کرستل ویولیت، کاهش می یابد.

جدول ۲: اثر قدرت قدرت آبیونی روی جذب کرستل ویولیت توسط خاکستر کاکوتی

$C_{NaCl} (mol/L)$	0	0/02	0/04	0/06
% Removal	93	58	52	50

مطالعه کنتیک جذب

برای درک بهتر پروسه جذب سطحی، مطالعه کنتیک پروسه جذب لازم می باشد. بررسی کنتیک پروسه جذب نشان دهندهی فیصدی جذب است و جذب ماده ای جذب شونده بر روی جاذب ممکن است شامل یک یا چند مرحله از جمله انتشار فیلمی، انتشار درون ذره ای، انتشار سطحی و یا ترکیبی از چند مرحله باشد (Mustafa et al., 2014). در این بررسی از دو مدل، مدل کنتیکی شبه مرتبه اول لاگرگرن (معادله ۳) و مدل کنتیکی شبه مرتبه دوم هو (معادله ۵) استفاده به عمل آمد. پس از انجام محاسبات، پارامترهای کنتیکی آن در جدول (۳) درج شده است.

$$\frac{dq}{dt} = k_1 (q_e - q_t)$$

(۳)

که در آن q_e و q_t ظرفیت جذب در حالت های تعادل و زمان t برحسب $(mg \cdot g^{-1})$ و k_1 ثابت سرعت جذب سطحی شبه مرتبه اول برحسب (min^{-1}) می باشد. با گرفتن لوگاریتم از رابطه (۳) شکل دیگری از معادله کنتیک شبه مرتبه اول به دست می آید که به معادله لاگرگرن معروف است.

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}q_{e1} - \frac{K_1 t}{2.303}$$

(۴)

که در آن q_{e1} ظرفیت جذب حاصله بر اساس مدل کنتیک شبه مرتبه اول می باشد. با رسم دیاگرام

خطی $\log(q_e - q_t)$ در برابر t

و از روی میل و عرض از مبداء آن می توان کمیت های k_1 و q_{e1} را به دست آورد.

معادله کنتیک شبه مرتبه دوم که بر اساس ظرفیت جذب می باشد، به شرح زیر ارائه شده است:

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2$$

(۵)

که در آن k_2 ثابت سرعت کنتیک شبه مرتبه دوم برحسب $(g \cdot mg^{-1} \cdot min^{-1})$ می باشد. با انتیگراال گیری از این معادله و تغییر شکل آن معادله زیر حاصل می شود:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (6)$$

در معادله فوق q_{e2} برحسب $(mg \cdot g^{-1})$ ظرفیت جذب به دست آمده بر طبق مدل کنتیک شبه مرتبه دوم می باشد. با رسم دیاگرام t/q_t در برابر t از روی شیب و عرض از مبدا آن به ترتیب ظرفیت جذب در حالت تعادل q_e و k_2 محاسبه می گردد (Yaacoubi et al., 2015).

جدول ۳: پارامترهای کنتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم توسط جاذب خاکستر کاکوتی

مدل شبه مرتبه اول			مدل شبه مرتبه دوم			
K_1	q_e (cal)	R^2	q_e (exp)	K_2	q_{e2} (cal)	R^2
1 min^{-1}	$(mg \cdot g^{-1})$		$(mg \cdot g^{-1})$	$(g \cdot mg^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$	$(mg \cdot g^{-1})$	
0./66	58/3	0.9211	48.2	0.00026	78/4	0/9791

با در نظر داشت اینکه ضریب همبستگی (R^2) به کار گرفته شده برای مدل کنتیکی شبه مرتبه دوم (تعاملی که در ظاهر به نظر می رسد که ممکن از کنتیک مرتبه دوم پیروی کند) بزرگتر از ضریب همبستگی مدل شبه مرتبه اول (تعاملی که در ظاهر به نظر می رسد ممکن از کنتیک مرتبه اول پیروی کند) است و نیز حداکثر ظرفیت جذب به دست آمده به صورت تجربی ($q_e \text{exp}$) برای کنتیک شبه مرتبه اول مشابهت بهتر با حداکثر ظرفیت جذب حاصل شده به وسیله مدل ($q_e \text{cal}$) نسبت به مدل شبه مرتبه دوم دارد، لذا می توان نتیجه گرفت که پروسه جذب در این تحقیق با هر دو مدل، کنتیک شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم هم خوانی دارد. بنابراین، در این مطالعه ماهیت جذب می تواند از نوع کیمیای و فیزیکی محسوب گردد.

ایزوترم های جذب

ایزوترم جذب یکی از عوامل مهم در طراحی سیستم های جذبی است. ایزوترم جذب رابطه بین مقدار ماده جذب شونده توسط جاذب و غلظت حل شونده در محلول به تعادل رسیده می باشد و تأییدی بر کارایی جذب در یک پروسه است. در مطالعه کنونی ایزوترم های جذب لانگمویر (معادله ۷)، فروندلیچ (معادله ۸)، تمکین (معادله ۹) و دوینین-رادشکوویچ (D-R) (معادله ۱۰) مورد بررسی قرار گرفتند.

Removal of the organic dye crystal violet from aqueous...

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{C_e}{q_m}$$

(۷)

$$\text{Ln}q_e = \text{Ln}K_F + \frac{1}{n} \text{Ln}C_e$$

(۸)

$$q_e = B_T \text{Ln}A_T + B_T \text{Ln}C_e$$

(۹)

$$\text{Ln}q_e = \text{Ln}q_m - BE^2$$

(۱۰)

در روابط فوق C_e ، q_e ، q_m ، b ، K_F ، $1/n$ ، B_T ، A_T و B به ترتیب غلظت تعادلی محلول برحسب (mg.L^{-1}) ، ظرفیت جذب در حالت تعادل و حداکثر ظرفیت جذب (mg.g^{-1}) ، ثابت لانگمویر (L.mg^{-1}) ، ثابت فروندلچ (L.mg^{-1}) ، عامل نامتجانسی که نشان دهنده چگونگی پروسه جذب مطلوب است، ثابت‌های درجه حرارتی تمکین برحسب (J.mol^{-1}) و (L.g^{-1}) ، ضریب فعالیت مفید برحسب (Kj.mol^{-1}) و پوتنشیال پلانی می‌باشد. دیاگرام‌های خطی لانگمویر، فروندلچ، تمکین و D-R به ترتیب از رسم C_e/q_e در مقابل C_e ، q_e در مقابل $\text{Ln}q_e$ ، $\text{Ln}q_e$ در مقابل $\text{Ln}C_e$ و $\text{Ln}q_e$ در مقابل E^2 به دست می‌آید. جدول (۴) مقادیر ثابت و ضریب همبستگی را برای ایزوترم‌های جذب تعادلی لانگمویر، فروندلچ، تمکین و D-R برای CV نشان می‌دهد.

جدول ۴: مقادیر ثابت و ضرایب همبستگی مربوط به ایزوترم‌های جذب تعادلی لانگمویر، فروندلچ، تمکین و D-R

برای جذب CV

لانگمویر	فروندلچ	تمکین	D-R
$R^2 = 0/9926$	$R^2 = 0/9926$	$R^2 = 0/821$	$R^2 = 0/7518$
$q_m = 44/8$	$n = 1/11$	$B_T = 62/63$	$q_m = 32/68$
$b = 0/0048$	$K_F = 2/04$	$A_T = 2/96$	$b = 0/0024$
$R_T = 0/002$			

بر اساس ارقام جدول (۴) و با توجه به ضرایب همبستگی (R^2) به دست آمده، ارقام جذبی در این مطالعه برای خاکستر نبات کاکوتی به‌عنوان جاذب، از ایزوترم خطی لانگمویر پیروی می‌کند. در نتیجه می‌توان گفت که پروسه جذب به صورت متجانس و یک لایه اتفاق می‌افتد. بر علاوه، همان طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، مقدار پارامتر تعادلی به دست آمده (R_T) بین ۰ تا ۱ و مقدار شدت جذب (n) بین ۱ تا ۱۰ قرار گرفته است که نشان دهنده جذب مطلوب در این پروسه می‌باشد.

مطالعه ترمودینامیک جذب

در جریان مطالعات جذبی تعیین پارامترهای ترمودینامیکی پروسه جذب دارای اهمیت ویژه است. پارامترهای ترمودینامیکی مانند تغییرات انتالپی (ΔH°)، تغییرات انتروپی (ΔS°) و تغییرات انرژی آزاد گیبس (ΔG°) با استفاده از روابط (۱۱ و ۱۲) به دست می‌آیند. به این شکل که از ترسیم تغییرات $\ln K_c$ بر حسب $1/T$ خط مستقیمی حاصل می‌شود که با استفاده از میل و عرض از مبدا آن به ترتیب (ΔH°) و (ΔS°) به دست می‌آیند. در این تحقیق ثابت‌های ترمودینامیکی مانند تغییرات انرژی آزاد گیبس، تغییرات انتروپی، تغییرات انتالپی مرتبط با ثابت‌های تعادلی جذب با استفاده از روابط ۱۱ و ۱۲ دریافت و در جدول (۵) درج شده است.

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_c \quad (11)$$

$$\ln K_c = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \quad (12)$$

که در روابط فوق R ، T و K_c به ترتیب ثابت عمومی گازها برحسب ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)، درجه حرارت برحسب کالوین و ثابت تعادل جذبی می‌باشد.

جدول ۵: پارامترهای جذب کرستل ویولیت توسط خاکستر نبات کاکوتی

T (K)	K_c	ΔG° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (J/mol.K)
۲۹۸	1/91	-2/74	43/6	155/5

با توجه به مقادیر جدول (۵) تغییرات انرژی آزاد گیبس (ΔG°) منفی می‌باشد، پس نتیجه گرفته می‌شود که پروسه جذب کرستل ویولیت توسط خاکستر کاکوتی به طور خودبه‌خودی صورت می‌گیرد. مقدار مثبت تغییرات انتالپی (ΔH°) نشانگر اندوترمیک بودن پروسه جذب و به‌عنوان عامل مساعد در این پروسه محسوب می‌شود. مقدار مثبت تغییرات انتروپی (ΔS°) حاکی از افزایش بی‌نظمی در سیستم از بابت قرار گرفتن مالیکول‌های جذب شونده در مکان‌های غیر مشخص روی جاذب می‌باشد. این امر نشان دهنده‌ی افزایش جذب توسط این جاذب در درجه‌های حرارت بلندتر خواهد بود.

۳. نتیجه گیری

آزمایشات جذب سطحی برای حذف رنگینه عضوی کرستل ویولیت (CV) توسط خاکستر نبات کاکوتی در سیستم غیر پیوسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که خاکستر نبات کاکوتی به شکل طبیعی، ظرفیت خوبی برای حذف CV از محلول‌های آبی را دارد. تجارب انجام شده نشان داد که فیصدی حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ و کم شدن مقدار جاذب، کاهش می‌یابد.

Removal of the organic dye crystal violet from aqueous...

مطالعات اثر زمان تماس نشان داد که کنتیک این پروسه از مدل شبه مرتبه دوم پیروی می کند. بررسی های ایزترم جذب با مدل های لانگمویر، فروندلچ، تمکین و D-R انجام شد و نتایج به دست آمده تبعیت بهتر را از مدل لانگمویر نشان داد. حداکثر ظرفیت جذب در غلظت مورد نظر برای مرکب کرستل ویولیت ($44/8 \text{ mg.g}^{-1}$) می باشد. همچنان مطالعه و بررسی های ترمودینامیکی این تحقیق نشان داد که پروسه ی جذب کرستل ویولیت بر روی جاذب طبیعی خاکستر نبات کاکوتی به طور خودبخودی انجام می شود که تغییرات انرژی آزاد گیبس منفی ($\Delta G^\circ < 0$) و تغییرات انتالپی و انتروپی مثبت ($\Delta H^\circ > 0$ و $\Delta S^\circ > 0$) تأیید کننده ی این ادعا می باشند.

۴. پیشنهادات

- محققان و استادان پوهنتون های کشور باید تحقیقات خویش را بالای مواد خام و نباتات بومی افغانستان تمرکز نمایند تا یافته ها جنبه کاربردی تر و بومی سازی شده را تر داشته باشد.
- باید برای توسعه فرهنگ تحقیقات علمی و خاصاً در بعد عملی وزارت محترم تحصیلات عالی کشور در قسمت تجهیز پوهنتون ها توجه هر چی بهتر و بیشتری نماید.
- لازم است که نتایج همچون تحقیقاتی به مسائل مهمی که افغانستان به آن سخت نیازمند است از جمله تصفیه آب، بهبود سیستم زراعتی، صنعت و حفاظت محیط زیست ارتباط داده شود تا علاوه بر ارزش علمی، در رفع نیازهای جامعه نیز مؤثر واقع گردد.

۵. مأخذ

Al-Shahrani, S. (2020). Phenomena of removal of crystal violet from wastewater using Khulays natural bentonite. *Journal of Chemistry*.

Anirudhan, T. S., & Ramachandran, M. (2015). Adsorptive removal of basic dyes from aqueous solutions by surfactant modified bentonite clay (organoclay): Kinetic and competitive adsorption isotherm. *Process Safety and Environmental Protection*, 96.

Aseel, M., et al. (2017). Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut shell activated carbon. *Arabian Journal of Chemistry*.

Bessegato, G., et al. (2016). Combination of photoelectrocatalysis and ozonation: A novel and powerful approach applied in Acid Yellow 1 mineralization. *Applied Catalysis B: Environmental*.

Deepak, S., & Amee, P. M. (2019). Brain tumor classification using deep CNN features via transfer learning. *Computers in Biology and Medicine*, *111*, 103345.

Fiol, N., & Villaescusa, I. (2009). Determination of sorbent point zero charge: Usefulness in sorption studies. *Environmental Chemistry Letters*.

Ghazali, A., et al. (2018). Optimization of crystal violet adsorption onto date palm leaves as a potent biosorbent from aqueous solutions using response surface methodology and ant colony. *Environmental Chemical Engineering*.

Hessel, C., et al. (2006). Guidelines and legislation for dye house effluents. *Journal of Environmental Management*.

Homagai, P. L., et al. (2022). Adsorption and removal of crystal violet dye from aqueous solution by modified rice husk. *Heliyon*.

Labiadh, L., et al. (2015). Complete removal of AHPS synthetic dye from water using new electro-Fenton oxidation catalyzed by natural pyrite as heterogeneous catalyst. *Journal of Hazardous Materials*.

Lakkaboyana, S. K., et al. (2019). Synthesis of Copper Oxide Nanowires-Activated Carbon (AC@CuO-NWs) and applied for removal methylene blue from aqueous solution: Kinetics, isotherms, and thermodynamics. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, *29*.

Le, T. X. H., et al. (2019). Hybrid graphene-decorated metal hollow fibre membrane reactors for efficient electro-Fenton - Filtration co-processes. *Journal of Membrane Science*.

Liu, J., et al. (2018). Removal of crystal violet and methylene blue from aqueous solutions using the fly ash-based adsorbent material-supported zero-valent iron. *International Journal of Environmental Science and Technology*.

Omar, L., et al. (2007). Inclusion complexation of loratadine with natural and modified cyclodextrins: Phase solubility and thermodynamic studies. *Journal of Solution Chemistry*.

Popli, S., & Patel, U. D. (2015). Destruction of azo dyes by anaerobic-aerobic sequential biological treatment: A review. *International Journal of Environmental Science and Technology*.

Rahman, A. M., Amin, S. M. R., & Alam, A. M. S. (2012). Removal of methylene blue from wastewater using activated carbon prepared from rice husk. *Dhaka University Journal of Science*.

Sadeghi, S., & Nasehi, Z. (2018). Simultaneous determination of Brilliant green and Crystal Violet dyes in fish and water samples with

dispersive liquid-liquid micro-extraction using ionic liquid followed by zero crossing first derivative spectrophotometric analysis method. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*.

Sadik, M. A. (2019). A review of promising electrocoagulation technology for the treatment of wastewater. *Advances in Chemical Engineering and Science*.

Saepurahman, Singaravel, G., & Hashaikeh, R. (2015). Fabrication of electrospun LTL zeolite fibers and their application for dye removal. *Journal of Materials Science*.

Salehi, I., et al. (2016). Comparative study between response surface methodology and artificial neural network for adsorption of crystal violet on magnetic activated carbon. *Arabian Journal for Science and Engineering*.

Satapathy, M. K., & Das, P. (2016). Assessment on the modelling of the kinetic parameter for the removal of crystal violet dye using Ag-soil nanocomposite: Linear and non-linear analysis. *Desalination and Water Treatment*.

Shirani, M., Semnani, A., & Habibollahi, S. (2014). Optimization of simultaneous removal of methylene blue, crystal violet, and fuchsine from aqueous solutions by magnetic NaY zeolite composite. *Water, Air, and Soil Pollution*.

Songlin, Z., et al. (2015). Adsorption isotherm, kinetic and mechanism studies of 2-nitrophenol on sedimentary phosphate. *Mediterranean Journal of Chemistry*.

Sridharan, D., & Sara, G. S. (2014). Routing in mobile wireless sensor network: A survey. *Telecommunication Systems*, 57 (1), 51–79.

Urbain, K. Y., et al. (2022). Optimization of preparation conditions of activated carbons based on the shells of *Ricinodendron heudoltii*. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*.

Uthirapathy, S., & Tahsin, A. (2021). Evaluation of genotoxic effects of a hydro-alcoholic extract of flowers of Nargis (*Narcissus tazetta* L.). *Eurasian Journal of Science and Engineering*.

Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., & Ang, H. M. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*.

Zainal Abidin, N., Mustafa, M., & Dangerfield, B. C. (2014). Combating obesity through healthy eating behaviour: A call for system dynamics optimisation. *PLOS ONE*, 9 (12), e14135

Zare, K., et al. (2015). A comparative study on the basis of adsorption capacity between CNTs and activated carbon as adsorbents for removal of noxious synthetic dyes: A review. *Journal of Nanostructure in Chemistry*.

Zhang, Z., et al. (2012). Mesoporous silica-coated gold nanorods as a light-mediated multifunctional theranostic platform for cancer treatment. *Advanced Materials*.



Balkh International Journal of Natural Science

ISSN – P 0000 -0000 E: 0000- 0000

Vol. N NO.1 2025

URL: <https://bjns.ba.edu.af/index.php/bjns>

بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) در شفاخانه ۲۴ بستر توبرکلوز مقاوم
- شهر مزارشریف - سال ۱۴۰۳

Evaluation of prevalence of MDR-TB incidences in 24-beds MDR-TB hospital-Mazar-e-sharif -2024

1. Hashem Kamal Nazari ¹

Senior Teaching Assistant, Faculty of pharmacy, Balkh University

2. Rafiullah Hadid

Teaching Assistant, Faculty of pharmacy, Balkh University

Received: 02/7/2025 Accepted: 31/10/2025 Published: 20/12/2025

Abstract

Tuberculosis is a chronic, contagious and one of the ten murderous diseases all over the world. Getting resistant of tuberculosis is because of using poor medicated regime, inappropriate medicated adherence & using ineffective drugs. The most resistance is against first line treatment drugs like rifampicin and isoniazid. This research has done in the 24-beds MDR-TB hospital. Aim of this research is the investigating of MDR-TB incidences in 24-beds multi-drug resistant hospital-Mazar-e-sharif city. This research is quantitative – descriptive research, which has done by cross-sectional study in the time of one year (from beginning of 1403 up to end) in 24 beds

¹. Email: hashem.prh123@gmail.com

MDR-TB hospital Mazar e sharif by taking information from registration system and talking with responsible of the hospital. findings of the research show that MDR-TB incidences are 155 patients, (5.98%) of the total (2588) cases of tuberculosis. The most cases of MDR-TB are female (100) people (68%) and less cases Among men (32%). Most MDR-TB cases among the patients which are aged between 18-40 years (48.38%). The many cases (65.8%) of MDR-TB is from Mazar e sharif city. Resistance is against rifampicin and isoniazid in the number of 152 (97%). main reason of resistance is inappropriate adherence representing a percentage of 54.83%. MDR-Tuberculosis is a serious health problem in this city that complicates the process of the treatment of this disease. MDR-TB is the 5.98% of the total cases of tuberculosis. Most infected of MDR-TB is women representing percentage of 68%. Resistance is the most against Isoniazid and rifampicin drugs and causes like no medicated adherence, utilizing of poor medicated regime, bad economics situation and using the ineffective drug are the reasons of the resistance. Notifying the patients by doctors on how lethal is the MDR-TB, complete medicated adherence, complete medicated adherence, using good treatment regime of drug and admitting of patient during the treatment for decreasing of the cases should be done, will be effective.

Keywords: cause, Incidences, Mazar e sharif city, MDR-TB, Tuberculosis & 24-beds hospital

چکیده

توبرکلوز یک مرض مزمن انتانی، ساری و جزء امراض کشنده در سراسر جهان می باشد. مقاوم شدن توپرکلوز (MDR-TB) به علت استفاده از رژیم تداوی ضعیف، عدم پیروی از تداوی و استفاده از ادویه غیر موثر می باشد. بیشترین مقاومت در برابر ادویه خط اول تداوی آن که عبارت از ریفامپسین و ایزونیازید است، اتفاق می افتد. هدف این تحقیق بررسی واقعات توپرکلوز مقاوم و علت مقاوم شدن توپرکلوز در شفاخانه ۲۴ بستر توپرکلوز مقاوم میباشد. تحقیق هذا یک تحقیق کمی - توصیفی (Quantitative-descriptive) بوده که به شکل مطالعه مقطعه ای به مدت یک سال (شروع سال ۱۴۰۳ الی ختم آن) در شفاخانه ۲۴ بستر توپرکلوز مقاوم در شهر مزار شریف با گرفتن اطلاعات از سیستم

Evaluation of prevalence of MDR-TB incidences...

راجستریشن و ثبت و مصاحبه با مسئول شفاخانه انجام شده است. یافته های تحقیق نشان میدهد که واقعات توبرکلوز مقاوم به تعداد ۱۵۵ واقعه به فیصدی ۵,۹۸٪ از کل واقعات توبرکلوز را که ۲۵۸۸ واقعه بوده، تشکیل میدهد. بیشترین واقعات توبرکلوز مقاوم در نزد خانم ها بوده به فیصدی (۶۸٪) و کمتر در نزد مرد ها به فیصدی ۳۲٪ می باشد. بیشترین واقعات توبرکلوز مقاوم در سنین ۴۰-۱۸ با فیصدی ۴۸,۳۸٪ می باشد. بیشترین واقعات توبرکلوز مقاوم، ۱۰۲ واقعه به فیصدی ۶۵,۸٪ از شهر مزارشریف می باشد. بیشتر واقعات مقاوم توبرکلوز در برابر ادویه ریفامپسین و ایزونیاژید بوده به تعداد ۱۵۲ واقعه به فیصدی (۹۷٪) می باشد. بیشترین علت مقاومت در برابر توبرکلوز را عدم پیروی از تداوی به فیصدی ۵۴,۸۳٪ تشکیل میدهد. توبرکلوز مقاوم یک مشکل جدی صحتی در سطح این شهر بوده که پروسه تداوی آنرا مغلق تر می سازد. توبرکلوز مقاوم (۵,۹۸٪) واقعات توبرکلوز را تشکیل میدهد. بیشتر مصابین را (۶۸٪) طبقه اناث تشکیل میدهد. مقاومت بیشتر در برابر ادویه ریفامپسین و ایزونیاژید وجود داشته و عوامل چون عدم پیروی از تداوی، استفاده از رژیم تداوی ضعیف، وضعیت بد اقتصادی و استفاده از ادویه غیر موثر، علت مقاومت را تشکیل میدهد. آگاهی دهی مریضان توسط داکتران در مورد مهلك بودن مرض، پیروی کامل از تداوی، استفاده از رژیم تداوی خوب و بستری شدن مریضان در زمان تداوی جهت کاهش واقعات توبرکلوز مقاوم، صورت گردد.

کلمات کلیدی: توبرکلوز، شیوع، شهر مزارشریف، شفاخانه ۲۴ بستر، علت و MDR-TB.

۱. مقدمه

توبرکلوز یک مرض مزمن انتانی و کشنده بوده که توسط باکتری (*mycobacterium tuberculosis*) ایجاد می شود، و سبب مرگ زیادی از مصابین می گردد (WHO, 2019). توبرکلوز دومین علت مرگ را از نظر امراض انتانی در سطح جهان، تشکیل میدهد (Biadlegne, Mulu, Rodloff, & Sack, 2014). توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) به نوعی از توبرکلوز گفته می شود که مقاوم در برابر ادویه خط اول تداوی توبرکلوز مثل ریفامپسین (RFP)، و ایزونیاژید (INH)، که دو ادویه موثر خط اول تداوی توبرکلوز می باشد، اطلاق می گردد (Knight, McQuaid, Dodd, & Houben, 2020). توبرکلوز سالانه سبب مرگ بیش از دو میلیون انسان در سراسر جهان می شود و سالانه در حدود نیم میلیون واقعات آن، توبرکلوز مقاوم (MDR – TB) تشخیص می گردد (Phelan, et al., 2018). در سال 2018 بیش از 10 میلیون نفر در سراسر جهان مصاب به (TB) شدند (WHO, 2018). به صورت کلی یک

سوم حصه (۱/۳) نفوس جهان مصاب به توبرکلوز هستند (Jain & Dixit, 2008). از نظر آمار WHO (27) واقعات توبرکلوز را کشور هند تشکیل میدهد و ۲۷% واقعات توبرکلوز مقاوم، مقاوم در برابر ادویه ریفامپسین می باشد (WHO, 2019). بصورت جهانی ۷۸% توبرکلوز مقاوم، مقاوم در برابر ادویه ریفامپسین می باشد (Yang, Zhou, Shi, Meng, & Yan, 2014). روسیه، هند و چین به تنهایی تقریباً ۴۷% واقعات توبرکلوز مقاوم را در جهان تشکیل میدهند. در مطالعات مختلف ثابت شده که واقعات توبرکلوز مقاوم در کشور های مختلف در مریضان مصاب به توبرکلوز که قبلاً تداوی شده اند، بیشتر است نسبت به مریضان که جدیداً مصاب شده اند (Floyd, Glaziou, Zumla, & Raviglione, 2018). میزان واقعات توبرکلوز در هند در مردان، زنان و اطفال به ترتیب ۶۰%، ۳۴% و ۶% میباشد (WHO, 2019). توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) در حدود ۳,۶% در مریضان جدید، بیش از ۱۸% در مریضان قبلی و بطور نسبی ۵,۶% در تمام واقعات توبرکلوز می باشد (MacNeil, Glaziou, Sismanidis, Maloney, & Floyd, 2019). با سروی انجام شده توسط دولت هند بین سالهای 2016-2014، واقعات توبرکلوز مقاوم ۲,۶% در مریضان جدید و تقریباً ۱۱,۶% در مریضان که قبلاً مصاب بوده و تداوی شده اند؛ دیده شده است (Yang, Zhou, Shi, Meng, & Yan, 2014). بلند ترین آمار مصابیت و مرگ میر ناشی از توبرکلوز را، کشور های با درآمد متوسط و کم مانند کشور های افریقای شرقی، تشکیل میدهد (Floyd, 2019 & MacNeil, Glaziou, Sismanidis, Maloney). بیشترین مرگ مریضان توبرکلوز به صورت بارز؛ در مریضان دیده شده که در پهلوی توبرکلوز، مرض (HIV) داشته باشند (WHO, 2014). در حال حاضر کشور های افریقای شرقی مانند ایتویا، تانزانیا، کینیا و راندا در میان 30 کشور؛ با بلند میزان واقعات توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) قرار دارند (Alelign, Zewude, Mohammed, Tolosa, & Petros, 2019). ایتویا یکی از کشور های است که بلند ترین میزان واقعات توبرکلوز (TB/HIV) و (MDR-TB) را دارا می باشد. بر اساس گزارش که در سال 2016 ارایه شده، ایتویا 89.7% واقعات جهانی توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) را در میان 30 کشور با بلند ترین واقعات توبرکلوز مقاوم، تشکیل میدهد. در میان 30 کشور، با بلند میزان واقعات توبرکلوز مقاوم؛ کشور کینیا در رتبه پنجم قرار دارد (Gobena, et al., 2018). کشور ها با واقعات پایین توبرکلوز چون اسکاندايانا، کانادا و انگلستان بوده و واقعات توبرکلوز مقاوم در واقعات جدید توبرکلوز از 0.5 – 4.5%، در واقعات مصابین قبلی توبرکلوز تقریباً ۱-۳% بوده و در کشور های مثل دنمارک و ناروی؛ هیچ واقعه توبرکلوز مقاوم در مریضان توبرکلوز ثانوی را نداشته اند (WHO, 2018). توبرکلوز یک مشکل

Evaluation of prevalence of MDR-TB incidences...

جدی در جامعه افغانستان بوده و در سال ۲۰۱۷ بیشتر از ۶۵۰۰۰ نفر مصاب به این مرض مهلک شدند، از این تعداد در حدود ۱۱۰۰۰ تن از آنها وفات یافته اند، از این تعداد تقریباً ۲۰۱ واقعه توبرکلوز، مقاوم بوده و در حدود ۸۹،۲٪ (WHO, 2016) در سال ۲۰۱۶ در افغانستان بیشتر از ۱۴۰۰ واقعه توبرکلوز پیشرفت به سوی توبرکلوز مقاوم نموده و از این تعداد صرف ۱۸۹ واقعه تشخیص و تداوی شدند (WHO, 2016).

تداوی توبرکلوز مقاوم (MDR-TB)، یک راه مهم برای استراتژی های کنترل جهانی توبرکلوز می باشد (X, et al., 2009). در حال حاضر (HIV) به حیث یک انتان کمکی توبرکلوز در افریقای شرقی؛ مکانی که شیوع و فکتور های خطر برای توبرکلوز مقاوم در بالاترین حد خود قرار دارد، می باشد (Workicho, Kassahun, & Alemseged, 2017). توجه خاصی به توبرکلوز مقاوم در افریقای شرقی صورت نگرفته و در کل نادیده گرفته می شود. تحقیقات زیادی در ارتباط به شیوع توبرکلوز مقاوم در افریقای شرقی وجود دارد اما اطلاعات کمی در مورد فکتورهای خطر توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) در آنجا وجود دارد (Asgedom, Teweldemedhin, & Gebreyesus, 2018). مطالعات اندکی در افریقای شرقی صورت گرفته که نشان دهنده وضعیت اجتماعی، اقتصادی، تاریخچه تداوی توبرکلوز، آیدز به حیث انتان کمکی، جنس، تاریخچه، مرض دیابت، ملیتوز، استفاده الکل و سوء تغذی بوده؛ و فکتور های خطر برای انکشاف توبرکلوز مقاوم می باشد (Ambaye & Tsegaye, 2021). تحقیقی که در تانزانیا صورت گرفته نشان میدهد که فکتور های خطر برای توبرکلوز مقاوم را سگرت کشیدن (OR = 1,9.95%, CI = 1-3.5)، تداوی قبلی با ادویه خط اول (OR = 3,3.95% CI = 1.7-6.6) تماس با مریضان توبرکلوز (OR = 2,7.95% CI = 1.4-5.1) و تاریخچه مرض توبرکلوز به حیث فکتور های خطر می باشد (Lema, Mbebele, Majigo, Abade, & Matee, 2016).

علیرغم که توبرکلوز مقاوم (100%) قابل تداوی بوده، اما در ساحه عمل کمتر از (100%) تداوی آن صورت می گیرد، حتی در کشور های که درآمد زیاد دارند (Stosic, et al., 2018). وجود جن های مقاوم به مقابل ادویه در (Mycobacterium tuberculosis) یک چالش عمده در کنترل مرض توبرکلوز محسوب می گردد (Dixit, 2008 & Jain). تداوی توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) نیازمند زمان زیاد و ترکیبی از دوا های خط دوم را، که اکثر غیر موثر بوده، قیمت بلند و بیشتر توکسیک نسبت به ادویه خط اول تداوی هستند، می باشد (Seung, Keshavjee, & Rich, 2025).

تحقیق حاضر تحت عنوان بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم در شفاخانه 24 بستر توبرکلوز مقاوم شهر مزار شریف به هدف دریافت میزان واقعات، عوامل زمینه ساز، وقایه و تداوی بهتر انجام شده است.

۲. میتود و مواد تحقیق

تحقیق هذا یک تحقیق توصیفی - کمی (Descriptive - quantitative) بوده که به روش مطالعه مقطعه ای (Cross sectional study) به مدت یک سال (شروع سال ۱۴۰۳ الی ختم آن) در شفاخانه 24 بستر توبرکلوز مقاوم شهر مزار شریف به هدف دریافت میزان واقعات آن به اتمام رسیده است. در مدت یک سال به تعداد ۵۵۰۰ مریض مشکوک به توبرکلوز در شفاخانه حوزوی آموزشی ابوعلی سینا بلخی مراجعه نمودند و با استفاده از نمونه بلغم، معاینه خون و معاینه (X-Ray) به تعداد ۲۵۸۸ واقعه؛ توبرکلوز تشخیص شدند. از این تعداد (۲۵۸۸) مریض مصاب به توبرکلوز به تعداد ۲۲۵ نفر به دلیل عدم تداوی با دریافت دوا و به علت مشکوک بودن به توبرکلوز مقاوم MDR-TB به شفاخانه ۲۴ بستر توبرکلوز مقاوم مراجعه نمودند، تمام مریضان مراجعه نموده در شفاخانه ۲۴ بستر توبرکلوز مقاوم با استفاده از میتود MDR-RIF/INH در ماشین (Gene Xpert) به روش ذیل تشخیص گردیدند.

۱،۲. نمونه و تشخیص مریضان توبرکلوز مقاوم (MDR-TB)

به تعداد ۲۲۵ مریض توبرکلوز که مشکوک به توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) بودند، با مراجعه به شفاخانه ۲۴ بستر توبرکلوز مقاوم تست نوع INH Gnen xpert RIF/MTB از نوع تست (Molecular diagnostic test for MDR-TB) که یک نوع تست سریع برای تشخیص توبرکلوز مقاوم در برابر ادویه آن مانند ایزونیاژید و ریفامپسین و خط دوم تداوی آن مانند فلوروکینولون ها و امینوگلایکوزید ها است، استفاده شده است. در ابتدا از تمام ۲۵۵ مریض مشکوک به توبرکلوز مقاوم نمونه بلغم (sputum sample) شان طی یک سال که مراجعه نموده بودند به ترتیب ماه ها؛ در ماه حمل ۲۰ مریض، ماه ثور ۱۲ مریض، ماه جوزا ۱۱ مریض، ماه سرطان ۱۳ مریض، ماه اسد ۱۲ مریض، ماه سنبله ۱۸ مریض، ماه میزان ۲۲ مریض، ماه عقرب ۲۱ مریض، ماه قوس ۲۵ مریض، ماه جدی ۲۷ مریض، ماه دلو ۲۸ مریض، ماه حوت ۲۲ مریض به شفاخانه توبرکلوز مقاوم ۲۴ بستر مراجعه نموده، در محفظه نمونه؛ نمونه گیری بلغم آنها جمع آوری شده و با میتود (MTB/RIF diagnosis test) در ماشین (Gene expert) طور ذیل تشخیص گردیدند.

۲,۲. Genotype drug susceptibility test. (MDR-TB RIF/MTB TEST.)

در ابتدا برای هر نمونه بلغم از مریضان که در محفظه نمونه گیری جمع آوری شده بود؛ سرپوش آن باز شده به نسبت ۱:۲ از ریجنت نمونه علاوه گردیده و ۱۰ تا ۲۰ مرتبه خوب تکان داده شده، بعداً در درجه حرارت اتاق (21°C) به مدت ۱۰ دقیقه در ماشین انکویشن گذاشته شد. سپس یک بار دیگر بین ۵ تا ۱۰ دقیقه در جریان انکویشن ۱۰ تا ۲۰ مرتبه خوب تکان داده شد تا اینکه نمونه کاملاً مایع گردیده و بلغم در آن واضح دیده نمی شد. بعضاً موادی به صورت زره ای دیده می شود که جزء از سمپل نیست. بعد از انکویشن نمودن نمونه های بلغم مریضان از نمونه انکویشن شده به مقدار 2 ملی لیتر با پیپت پلاستیکی از ظروف نمونه اخذ گردیده و در کارتریج یک بار مصرف ماشین (Gene Xpert) انداخته شده، بعداً کارتریج حاوی نمونه در دستگاه (Gene xpert MTB/RIF) به منظور اجرای تست مقاومت گذاشته شده و نتیجه بعد از گذاشتن آن به مدت دو ساعت در ماشین (Gene expert) گذاشته شد، بعد از دو ساعت با نتایج بدست از اجرای تست مشخص گردید که از ۲۵۵ مریض مشکوک به توبرکلوز مقاوم به تعداد ۱۵۵ تن آنان تست شان مثبت بوده و توبرکلوز مقاوم تشخیص گردیدند. داتا های بدست آمده با استفاده از برنامه اکسل (Excel) مورد تجزیه و انالیز قرار گرفت.

3. یافته های تحقیق

تحقیق انجام شده در ارتباط به دریافت واقعات توبرکلوز مقاوم در شفاخانه ۲۴ بستر توبرکلوز مقاوم به روش توصیفی - کمی به مدت یک سال با اجرای تست نوع (Gene expert MTB/RIF) در ماشین (Gene exper)t، یافته های ذیل دریافت گردیده است.

۱,۳. بررسی میزان واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به کل واقعات توبرکلوز

با بررسی انجام شده چنین دریافت گردید؛ از ۲۵۸۸ واقعه توبرکلوز به تعداد ۱۵۵ واقعه به فیصدی ۵,۹۸% با اجرای تست مقاومت میکروبی (Gene X pert MDR-TB RIF/INH)، توبرکلوز مقاوم تشخیص شدند.

جدول (1) بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به کل واقعات توبرکلوز

کنتوری	تعداد واقعات	فیصدی
توبرکلوز غیر مقاوم	۲۴۳۳	۹۴,۰۲%
توبرکلوز مقاوم	۱۵۵	۵,۹۸%
مجموعه	۲۵۸۸	۱۰۰%

۲,۳. بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به سن

بررسی که نظر به سن صورت گرفته نشان میدهد که به ترتیب است؛ به تعداد ۱۵ واقعه به فیصدی ۹,۶۷% بوده که سن شان ۱-۱۷ سال بود، به تعداد ۷۵ واقعه به فیصدی ۴۸,۳۸% که سن شان ۱۸-۴۰ بود، به تعداد ۳۵ مریض به فیصدی ۲۲,۵۸% که سن شان ۴۱-۶۰ بوده و به تعداد ۲۵ مریض به فیصدی ۱۶,۲% که سن شان بین ۶۱ تا ۸۰ بود.

جدول (2) تعداد واقعات نظر به سن

سن	تعداد واقعات	فیصدی
1-17	۱۵	۹,۶۷%
18-40	۷۵	۴۸,۳۸%
41-60	۳۵	۲۲,۵۸%
61-80	۲۵	۱۶,۲%
مجموعه	۱۵۵	۱۰۰%

۳,۳. بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به جنس

از نگاه جنس تعدادی بیشتر واقعات توبرکلوز مقاوم (MDR-TB) در نزد خانم ها دیده شده به تعداد ۱۰۰ واقعه به فیصدی ۶۸% و تعدادی کم واقعات توبرکلوز مقاوم نزد مرد ها، به تعداد ۵۵ واقعه که به فیصدی ۳۲% دیده شده است.

جدول (3) بررسی تعداد واقعات نظر به جنس

جنس	تعداد واقعات	فیصدی
اناث	۱۰۰	۶۸%
ذکور	۵۵	۳۲%
مجموعه	۱۵۵	۱۰۰%

۴,۳. بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به محل سکونت

بنابر نتایج بدست آمده. (۶۵,۸%) مریضان توبرکلوز مقاوم شفاخانه ۲۴ بستر تداوی توبرکلوز مقاوم را افراد ساکن در شهر مزار شریف تشکیل میدهند و (۳۴,۲%) واقعات از ولایات همجوار بوده که ۵۳ واقعه را تشکیل میدهند.

جدول (۴) بررسی تعداد واقعات نظر به محل سکونت

محل سکونت	تعداد واقعات	فیصدی
مزار شریف	۱۰۲	۶۵,۸%
ولایات همجوار	۵۳	۳۴,۲%
مجموعه	۱۵۵	۱۰۰%

۵,۳. بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر دوا

نظر به بررسی انجام شده در مریضان توبرکلوز مقاوم شفاخانه ۲۴ بستر شهر مزار شریف؛ بیشتر واقعات توبرکلوز مقاوم در برابر ادویه خط اول تداوی توبرکلوز مانند ریفامپسین و ایزونازید به فیصدی ۹۷,۳% بوده و کمتر توبرکلوز در برابر ادویه خط دوم تداوی آن عبارت از فلوروکینولون ها و انتی بیوتیک های خانواده امینوگلایکوزید ها به فیصدی ۲,۷% بودند.

جدول (۵) بررسی تعداد واقعات نظر به دوا

نوعیت مقاومت	تعداد واقعات	فیصدی
ریفامپسین و ایزونازید	۱۵۲	۹۷,۳%
فلوروکینولون امینوگلایکوزید	۳	۲,۷%
مجموعه	۱۰۰	۱۰۰%

۶,۳. بررسی واقعات نظر به علت مقاومت دوايي

با بررسی صورت گرفته بالای واقعات توبرکلوز مقاوم نشان میدهد که بیشترین علت مقاومت در برابر دوا را عدم پیروی از تداوی ۸۵ واقعه با فیصدی (۵۴,۸۳%) تشکیل میدهد. رژیم تداوی ضعیف دوايي به تعداد ۲۹ واقعه با فیصدی (۱۸,۷%) را تشکیل میدهد. رژیم تداوی ضعیف به تعداد ۲۶ واقعه به فیصدی ۱۶,۷۷% واقعه را تشکیل میدهد و استفاده از ادویه غیر موثر به تعداد ۱۵ واقعه به فیصدی ۹,۶۷% واقعات را شامل بوده است.

جدول (۵) بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظربه علت آن

نوعیت مقاومت	تعداد واقعات	فیصدی
عدم پیروی از تداوی	۸۵	۵۴,۸۳%
رژیم تداوی ضعیف	۲۹	۱۸,۷%
قطع تداوی خود سرانه	۲۶	۱۶,۷۷%
استفاده از ادویه غیر موثر	۱۵	۹,۶۷%
مجموعه	۱۵۵	۱۰۰%

۳,۷. بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به وضعیت اقتصادی

یافته های تحقیق انجام شده بالای ۱۵۵ واقعه توبرکلوز مقاوم، نشان میدهد که اکثریت مریضان، به تعداد ۱۳۵ مریض به فیصدی (۸۷%) وضعیت اقتصادی خوبی نداشتند و به تعداد کم ۲۰ نفر به فیصدی (۱۳%) وضعیت اقتصادی متوسط داشتند.

جدول (۶) بررسی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به وضعیت اقتصادی

وضعیت اقتصادی	تعداد واقعات	فیصدی
وضعیت نامناسب اقتصادی	۱۳۵	۸۷%
وضعیت اقتصادی متوسط	۲۰	۱۳%
مجموعه	۱۵۵	۱۰۰%

۴. مناقشه

بر اساس تحقیقی که در جنوب کشور هند صورت گرفته فیصدی واقعات توبرکلوز مقاوم را نظر به جنس و اطفال و بزرگسال مورد ارزیابی قرار داده و نتایج آن تحقیق نشان می‌دهد که فیصدی واقعات نظر به جنس به ترتیب 60% خانم ها، 40% مرد ها و نظر به اشخاص کاهل و اطفال فیصدی واقعات در نزد اطفال به فیصدی 6% بوده و کاهلان 94% واقعات را تشکیل می‌دهد (WHO, 2019). اما تحقیق هذا نشان می‌دهد که فیصدی واقعات توبرکلوز مقاوم نظر به جنس 68% واقعات آن نزد خانم ها و 32% واقعات توبرکلوز مقاوم را مرد ها می‌دهد و نتیجه این تحقیق با تحقیق که در جنوب کشور هند صورت گرفته از نظر جنس، نزدیک به هم هستند.

یافته‌های تحقیقی دیگری که در کشور هند صورت گرفته نشان می‌دهد؛ فیصدی مقاومت دوائی توبرکلوز مقاوم در برابر ادویه فلوروکینولون ها و امینوگلایکوزید های زرقی را (9.5% است Goyal, Kadam, Narang, & Singh, 2017). در حالیکه در تحقیق حاضر انجام شده فیصدی مقاومت دوائی توبرکلوز مقاوم در برابر ادویه فلوروکینولون ها و امینوگلایکوزید ها را 2.7% تشکیل می‌دهد. نتایج این تحقیق با تحقیق انجام شده در کشور هند به شکل مطالعه سیستماتیک از نظر مقاومت دوائی با ادویه فلوروکینولون ها و امینوگلایکوزید ها یک اندازه به علت استفاده کمتر از ادویه فلوروکینولون ها و امینوگلایکوزید ها در تداوی خط اول کمی تفاوت دارد.

یک تحقیقی که در شمال کشور چین با هدف دریافت واقعات توبرکلوز مقاوم انجام شده؛ فیصدی مقاومت دوائی در توبرکلوز را بیشتر در واقعات توبرکلوز که قبلا تداوی شده اند بوده به فیصدی 18% و در واقعاتی جدیداً مریضان مصاب به توبرکلوز شده اند، فیصدی مقاومت دوائی توبرکلوز 3.4% بوده (Yan, 2014 & Yang, Zhou, Shi, Meng). اما در تحقیق حاضر انجام شده اکثر واقعات توبرکلوز مقاوم در واقعات توبرکلوز که قبلا تداوی شده دیده شده به فیصدی زیاد اما کمتر مقاومت در واقعات جدید توبرکلوز مقاوم به دلیل عدم پیروی از تداوی، رژیم تداوی ضعیف و استفاده از ادویه غیر موثر ایجاد گریده است.

در یک تحقیقی صورت گرفته به هدف دریافت واقعات جهانی توبرکلوز از سال 2001 تا 2019؛ میزان واقعات توبرکلوز مقاوم را بیشتر در نزد مرد ها در حدود 9.39 نفر در 100000 نفر بوده در حالیکه به صورت جهانی در نزد خانم کمتر از مرد ها بوده در حدود 7.57 نفر در 10000 نفر، از نظر سن؛ واقعات توبرکلوز در محدوده سنی 74-70 واقعات توبرکلوز مقاوم نزد مرد ها بیشتر بوده و اما در محدوده سنی 84-80 تعداد واقعات توبرکلوز مقاوم در نزد خانم نسبت به مرد ها بیشتر بوده است (Lv, et al., 2024). در حالیکه در تحقیق حاضر انجام شده تعداد واقعات توبرکلوز در نزد خانم ها زیاد بوده با فیصدی 68% در خانم اما نزد مرد ها تعداد واقعات کم با فیصدی 32% می باشد با نتایج تحقیق واقعات جهانی توبرکلوز کاملاً نتیجه بر عکس دارد.

۵. نتیجه گیری

توبرکلوز مقاوم یک مشکل صحتی جدی در این مرکز صحتی بوده و ۵,۶۸٪ کل واقعات توبرکلوز را تشکیل می‌دهد. بیشترین واقعات توبرکلوز مقاوم در این شفاخانه در نزد خانم‌ها با فیصدی ۶۸٪ دریافت گردیده و بیشترین مقاومت دواپی در توبرکلوز مقاوم در حدود ۹۷٪ در برابر ادویه خط اول تداوی آن که عبارت از ریفامپیسین و ایزونیازید است، وجود داشته و عوامل چون عدم پیروی از تداوی، استفاده از ادویه کمتر موثر، رژیم تداوی ضعیف و از دست دادن دوز دوا و وضعیت اقتصادی خراب علت مقاوم شدن توبرکلوز را تشکیل می‌دهد. آگاهی دهی مریضان توسط داکتران در مورد مهلک بودن مرض، پیروی کامل از تداوی، استفاده از رژیم تداوی خوب و بستری شدن مریضان در زمان تداوی جهت کاهش واقعات توبرکلوز مقاوم؛ اجرا گردد؛ مفید خواهد بود.

۶. نقاط قوت

- زون بودن ولایت بلخ
- بودن مرکز فعال تداوی توبرکلوز مقاوم در این ولایت
- ثبت شدن معلومات مریضان توبرکلوز مقاوم به صورت درست است در این مرکز.
- موجودیت ماشین تشخیص توبرکلوز مقاوم.

۷. نقاط ضعف

- در دسترس نبودن تست های نوین معیاری جهت تشخیص توبرکلوز مقاوم (MDR-TB).
- در دسترس نبودن میتود های بهتر جهت تشخیص مقاوم بودن توبرکلوز.
- خطر ابتلا شدن به مرض در جریان تحقیق.
- همکاری کمتر مسئولین شفاخانه در اجرای تحقیق.

۸. پیشنهادات تحقیق

- به علت در دسترس نبودن مراکز متعدد در ولایات، مریضان مجبور اند به ولایت بلخ سفر کنند، که این خود باعث انتشار مرض می گردد، بنابر صعب العبور بودن بعضی مناطق میزان تلافات انسانی نیز بالا می رود، به مسئولان محترم صحت عامه پیشنهاد می کنم که در صورت امکان حتماً در ولایات مجاور مراکز تداوی توبرکلوز مقاوم ایجاد نمایند.
- بنابر آگاهی پائین مردم و یا عدم آگاهی مردم در مورد اکثریت مشکلات صحتی مانند مرض توبرکلوز مقاوم؛ پیشنهاد می نمایم تا در صورت امکان از طریق رسانه ها، صفحات مجازی و مجلات برای بلند بردن سطح آگاهی مردم اقدامات لازم صورت گیرد.

- پروگرام آگاهی دهی برای مردم از طریق وزارت محترم صحت عامه در خصوص توبرکلوز و وعلت مقاوم شدن آن برنامه ریزی و اجرا گردد.
- همکاری بیشتر از طرف مسئولین مراکز تداوی توبرکلوز مقاوم با محققین در اجرای تحقیقات در خصوص توبرکلوز مقاوم صورت گیرد.
- فراهم سازی تجهیزات پیشرفته از طرف وزارت محترم صحت عامه جهت تشخیص توبرکلوز مقاوم.
- کمک نمودن محصلین در زمینه تحقیق های میدانی از سوی آمریت انسجام محصلین در زمینه دادن مکتوب رسمی تحقیق.

۹. مأخذ

Alelign, A., Zewude, A., Mohammed, T., Tolosa, S., & Petros, B. (2019). Molecular detection of Mycobacterium tuberculosis sensitivity to rifampicin and isoniazid in South Gondar Zone, northwest Ethiopia. *BMC infectious diseases* 2019, 19, 1-8. doi:https://doi.org/10.1186/s12879-019-3978-3

Ambaye, G. Y., & Tsegaye, G. W. (2021). Factors Associated with Multi-Drug Resistant Tuberculosis among TB Patients in Selected Treatment Centers of Amhara Region: A Case-Control Study. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 31. doi:https://doi.org/10.4314/ejhs.v31i1.4

Asgedom, S. W., Teweldemedhin, M., & Gebreyesus, H. (2018). Prevalence of Multidrug-Resistant Tuberculosis and Associated Factors in Ethiopia: A Systematic Review. *Journal of Pathogens*. doi:https://doi.org/10.1155/2018/7104921

Biadlegne, F., Mulu, A., Rodloff, A., & Sack, U. (2014). Diagnostic performance of the Xpert MTB/RIF assay for tuberculous lymphadenitis on fine needle aspirates from Ethiopia. *Tuberculosis*, 94(5), 502-505. doi:https://doi.org/10.1016/j.tube.2014.05.002

Floyd, K., Glaziou, P., Zumla, A., & Raviglione, M. (2018). The global tuberculosis epidemic and progress in care, prevention, and research: an overview in year 3 of the End TB era. *The Lancet Respiratory Medicine*, 6(4), 299-314. doi:https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30057-2

Gobena, D., Ameya, G., Haile, K., Abreha, G., Worku, Y., & Debela, T. (2018). Predictor of multidrug resistant tuberculosis in southwestern part of Ethiopia: a case control study. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 17, 1-7. doi:https://doi.org/10.1186/s12941-018-0283-8

Goyal, V., Kadam, V., Narang, P., & Singh, V. (2017). Prevalence of Drug-resistance pumonary tuberculosis in india: systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 17(817), 1-21. doi:DOI 10.1186/s12889-017-4779-5

Jain, A., & Dixit, P. (2008). Multidrug resistant to extensively drug resistant tuberculosis: What is next? *Journal Of Biosciences*(33), 605-616. doi:https://doi.org/10.1007/s12038-008-0078-8

Knight, G., McQuaid, C., Dodd, P., & Houben, R. (2020). Global burden of latent multidrug-resistant tuberculosis: trends and estimates based on mathematical modelling. *The Lancet Infectious Diseases*, 19(8), 903-912. doi:https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30307-X

Lema, N., Mbebele, P., Majigo, M., Abade, A., & Matee, M. (2016). Risk factors associated with multidrug resistant tuberculosis among patients referred to Kibong'oto Infectious Disease Hospital in northern Tanzania. *Tanzania Journal of Health Research*, 18. doi:https://doi.org/10.4314/thrb.v18i4.2

Lv, H., Zhang, X., Xhang, X., Bai, J., You, S., Li, X., . . . Xu, Y. (2024). Global prevalence and burden of moultidrug-resistant tuberculosis from 1990 to 2019. *BMC Infectious Disease*, 243(24), 1-9. doi:https://doi.org/10.1186/s12879-024-09079-5

MacNeil, A., Glaziou, P., Sismandis, C., Maloney, S., & Floyd, K. (2019). Global epidemiology of tuberculosis and progress toward achieving global targets—2017. *Mortality and Morbidity*, 68(11), 263-266. doi:http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6811a3

Nahid, P., Mase, S., Migliori, G. B., Sotgiu, G., Bothamley, G., Brozek, J., & Cegielski, A. J. (2019). Treatment of Drug-Resistant Tuberculosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 200(10), 93-142. doi:https://doi.org/10.1164/rccm.201909-1874ST

Phelan, J., Sessions, P., Tientcheu, L., Perdigoa, J., Machado, D., Hasan, R., . . . Clark, T. (2018). doi:https://doi.org/10.1038/s41598-017-18188-y

Seung, K., Keshavjee, S., & Rich, M. (2025). Multidrug-Resistant Tuberculosis and Extensively Drug-Resistant Tuberculosis. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 15(7). doi:doi: 10.1101/cshperspect.a01786

Stosic, M., Vukovic, D., Babic, D., Antonijevic, G., Foley, K., & Grujicic, S. S. (2018). Risk factors for multidrug-resistant tuberculosis among tuberculosis patients in Serbia: a case-control study. *BMC Public Health*, 18. doi:https://doi.org/10.1186/s12889-018-6021-5

WHO. (2014). Drug resistance TB: Surveillance and response. Supplement to global tuberculosis report 2014

WHO. (2016). World health organization, Global tuberculosis report 2016, Geneva, Switzerland. WHO. (2018). Retrieved from <https://www.who.int/tb/country/data/profiles/en/>

WHO. (2018). World health organization, Global tuberculosis report 2016, Geneva, Switzerland.

WHO. (2018). World Health Organization, Global tuberculosis report 2016, Geneva, Switzerland.

Workicho, A., Kassahun, W., & Alemseged, F. (2017). Risk factors for multidrug-resistant tuberculosis among tuberculosis patients: a case-control study. *Infection and drug resistance*, 10, 91-96. doi:<https://doi.org/10.2147/IDR.S126274>

X, S., K, D., Z-An, Y., M, S., Z, X., X, G., . . . J, M. (2009). Drug-resistant tuberculosis in Shanghai, China, 2000–2006: prevalence, trends and risk factors. *The International Journal Tuberculosis and Lung Disease*, 13(7), 253-257

Yang, y., Zhou, C., Shi, L., Meng, H., & Yan, H. (2014). Prevalence and characterization of drug-resistant tuberculosis in a local hospital of Northeast China. *International Journal of Infectious Diseases*, 22, 83-86. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijid.2013.12.015>.

